

Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»
Мішкольцький університет (Угорщина)
Магдебурзький університет (Німеччина)
Петрошанський університет (Румунія)
Познанська політехніка (Польща)
Софійський університет (Болгарія)

Ministry of Education and Science of Ukraine
National Technical University
«Kharkiv Polytechnic Institute»
University of Miskolc (Hungary)
Magdeburg University (Germany)
Petrosani University (Romania)
Poznan Polytechnic University (Poland)
Sofia University (Bulgaria)

**ІНФОРМАЦІЙНІ
ТЕХНОЛОГІЇ:
НАУКА, ТЕХНІКА,
ТЕХНОЛОГІЯ, ОСВІТА,
ЗДОРОВ'Я**

Наукове видання

Тези доповідей
**XXVIII МІЖНАРОДНОЇ
НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ
КОНФЕРЕНЦІЇ
MicroCAD-2020**

**У п'яти частинах
Ч. I.**

Харків 2020

**INFORMATION
TECHNOLOGIES:
SCIENCE, ENGINEERING,
TECHNOLOGY, EDUCATION,
HEALTH**

Scientific publication

Abstracts
**XXVIII INTERNATIONAL
SCIENTIFIC-PRACTICAL
CONFERENCE
MicroCAD-2020**

**In five parts
P. I.**

Kharkiv 2020

ББК 73
I 57
УДК 002

Голова конференції: Сокол Є.І. (Україна).

Співголови конференції: Торма А. (Угорщина), Радуга С.М. (Румунія), Стракелян Й. (Німеччина), Лодиговські Т., Шмідт Я. (Польща), Герджиков А. (Болгарія).

Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доповідей XXVIII міжнародної науково-практичної конференції MicroCAD-2020, 28-30 жовтня 2020 р.: у 5 ч. Ч. I. / за ред. проф. Сокола Є.І. – Харків: НТУ «ХПІ». – 348 с.

Подано тези доповідей науково-практичної конференції MicroCAD-2020 за теоретичними та практичними результатами наукових досліджень і розробок, які виконані викладачами вищої школи, науковими співробітниками, аспірантами, студентами, фахівцями різних організацій і підприємств.

Для викладачів, наукових працівників, аспірантів, студентів, фахівців.

Тези доповідей відтворені з авторських оригіналів.

ISSN 2222-2944

ББК 73
© Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,
2020

ЗМІСТ

Секція 1. Інформаційні та управляючі системи	4
Секція 2. Математичне моделювання в механіці і системах управління	61
Секція 3. Технологія та автоматизоване проектування в машинобудуванні	98
Секція 4. Фундаментальні та прикладні проблеми транспортного машинобудування	175
Секція 5. Моделювання робочих процесів в теплотехнологічному, енергетичному обладнанні та проблеми енергозбереження	210
Секція 6. Нові матеріали та сучасні технології обробки металів	259
Секція 7. Комп'ютерні технології у фізико-технічних дослідженнях	316

СЕКЦІЯ 1. ІНФОРМАЦІЙНІ ТА УПРАВЛЯЮЧІ СИСТЕМИ

SOLVING THE STORE INTEGRATION PROBLEM IN THE BONUS SHARING SYSTEM “BONUSHARING”

Dolhanenko O. D., Shirokopetleva M. S.

Kharkiv National University of Radio Electronics, Kharkiv

The “BonuSharing” system is meant to be used worldwide. The whole idea of sharing virtual store bonuses will not work if there are not many stores participating and co-working with the service. For a store, co-working with the service basically means sharing the bonuses status with the user (store customer) and letting this user change his status in a controlled way, thus providing an interface between the user and his bonuses. Solving the business problem of getting stores to grant their customers distant access to their bonus accounts is challenging by itself. However, easier resolving of this problem can be stimulated by showing the advantages of the bonus sharing service:

- 1) Having the ability to buy or exchange bonuses for those in other stores attracts customers and leads them to shop and increase their spending amounts.
- 2) The service is ultimately a ready-to-go implementation of an automatic dynamic discount system, which attracts customers greatly.
- 3) The money which customers get for selling their bonuses to others can only be used by them within the service or by purchasing from the co-working stores. Therefore, the value of bonuses does not decrease overtime.

The next problem to solve is the technical integration. To make integrating of a new store technically easy, fast and painless, analytics can be used and API libraries developed. The solution to this technical problem splits into several tasks:

- organizing the store side of the integration;
- organizing the “BonuSharing” service side of the integration.

Having the store side of the integration in mind, the goal is to develop API libraries that are compatible with the most popular backend solutions. These libraries have to be easy to install and use. Ultimately, the only thing a store backend developer will need to do is install the latest library release and implement the library-to-store-database communication.

As to the service side of the integration, it can be done by hand at first, registering the stores, uploading their logos and registering their business rules. Later on however it is expected for the number of co-working stores to grow rapidly, therefore an automatic registration system will be required. Such system can be implemented as a website or even a smart phone app. It can also include a managing utility, which will give administrators control over the service business rules, display the bonus sharing statistics and the overall impact of the integration on the store popularity and income.

All in all, the “BonuSharing” system is being developed with ease of client integration in mind, which is key to the service success.

FORMATION OF THE OPTIMAL STRUCTURE OF THE INVESTMENT PORTFOLIO UNDER THE RISK CONDITIONS

Goloskokov O.E., Goloskokova A.O., Tkachenko D.V.

National Technical University «Kharkiv polytechnic institute», Kharkiv

Investment is the main engine of economic growth. An important issue for investors is where to invest. The unstable situation of the Ukrainian economy aggravates the problem of optimal distribution of investments, since the investor's desire to receive the greatest profit contradicts the possibility of reducing risks. Now financial and information technologies are developing.

The instability of the economic situation in Ukraine, as well as the constant change and expansion of the securities market, necessitates the frequent solution of the optimal investment problem, which determines the urgency of the problem. It is necessary to have a special approach to solve the problem of optimal formation of the investment portfolio (IP) in conditions of uncertainty, which will take into account both profitability and risks.

The object of this work is securities and their characteristics, which are essential for the investor in the formation of the structure of the investment portfolio. Thus, the main objective of the work is to determine the optimal structure of IP in risk conditions for the subject of investment activity – a commercial bank. Where the risk conditions mean the randomness of certain parameters of securities that must be selected for inclusion in the IP by using special mathematical models.

In the work the object of study is described and the problem statement is formulated. The authors conducted a critical analysis of Ukrainian and foreign publications. It is established that the existing approaches to solving the problem of forming the optimal structure of IP have a number of disadvantages, on the basis of which the models for solving the problem, namely the Markowitz model, and the Sharpe model were chose. Tasks using these models relate to conditional extremum, for the solution of which the authors proposed to use the Lagrange method and the penalty function method.

Thus, the developed mathematical apparatus allows the formation of the optimal structure of the investment portfolio in conditions of risk.

The results obtained allow the investor accurately and quickly identify the investment instruments for investing, which will bring the most profit with minimal risk.

This will increase the financial condition of the investor and satisfy his goals.

MODELS AND SOFTWARE SOLUTIONS OF FINANCIAL CONDITION ASSESSMENT OF THE IT COMPANY

Goloskokov A.E., Yakovenko A.A.

National Technical University «Kharkiv polytechnic institute», Kharkiv

Management of complex objects is one of the actual problems. It is characterized by a large amount of information, fuzziness, which leads to the need to use the mathematical apparatus of fuzzy situational control. The main function of the control system is to develop in accordance with a set of rules and issue control actions to actuators in the required form. A necessary condition for the correctness of the developed effects is a reliable assessment of the state in which the control object is located.

An IT company is considered as an example of a complex system. The state of the control object is estimated by the values of the attributes. When describing the values of attributes, it is possible to obtain an unreasonably large number of situations. This necessitates the aggregation of information. Thus, the identification problem can be represented in the form of two tasks, namely, the aggregation of the initial information and the assessment of the state of an IT company.

The process of aggregation of information is carried out using the method of fuzzy cluster analysis (k-means) and approximation of the results. The state of the company is estimated using the method of fuzzy logic. The set of reference situations quite fully describes the possible states of the object, provided that the management features are taken into account. However, it is impossible to take into account all the features of management. This leads to the need of using the concept of a fuzzy situation.

The paper considers an example in which the state of the company is described by the vector of attributes $X = \{x_1, x_2\}$. Obtained as a result of aggregation data allows to form a set of reference situations. $S = \{S_1, \dots, S_n\}$ and describe the current situation S_0 . Next, the degree of inclusion of the situation S_0 to the each of the reference situations is determining. The reference situation that corresponds to the situation S_0 will characterize the current state of the company.

Thus two problems were solved: aggregation and identification. This made it possible to assess the current state of the company. The obtained results are used to determine the effective control of a complex system. Theoretical and practical results of work allow to increase the efficiency of the complex system management process.

References:

1 Голоскоков А.Е., Т.А. Драч, С.Е. Шаповал. Нечеткая идентификация динамических объектов //Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Системний аналіз, управління та інформаційні технології. – Харків: НТУ «ХПІ», 2017. – № 42 (948). – С. 82–88. – Библиогр.: 5 назв. – ISSN 2079 0023.

2 Мелихов А.Н., Берштейн Л.С. Формирование классов расплывчатых ситуаций специализированным устройством оцувствленного робота // Изв. АН СССР. Техн. кибернетика, 1983.

MODEL DEVELOPMENT FOR IMAGE TAGGING

Kozulia M., Rushi Joshi

National Technical University «Kharkiv polytechnic institute», Kharkiv

This paper discusses the issue of developing image processing software and models using deep learning that can identify input image tags.

Effective image tagging typically consists of two stages – image tagging, and tag refinement. Firstly, Image tagging can be performed manually by humans or automatically by an algorithm. This is a process of labeling an image with one or more human-friendly textual concepts. Secondly, Image refinement is very significant in order to remove irrelevant tags and add more relevant information to a prepared tag list. Thus, the final tag list will incorporate all the required information.

In conclusion, the image tagging and refinement has become a popular trend amongst digital platforms. The deep learning and machine learning algorithms are used to develop automatic tag lists and also add missing information by refinement techniques. Hence, artificial intelligence is a boon for mankind to solve the modern life issues.

Most image tagging/tag refinement approaches depend on hand-crafted features, e.g., Scale-Invariant Feature Transform (SIFT), GIST, Histogram of Oriented Gradients (HOG), and so on. Based on these low-level feature descriptors, visual representation algorithms (e.g., bag-of-word features or spatial pyramid features) have been proposed to describe image content and associate the content with natural language-based keywords. However, these hand-crafted feature descriptors are designed to capture low-level visual patterns by predefined feature types (e.g., color, shape, or texture) (fig. 1) [1].

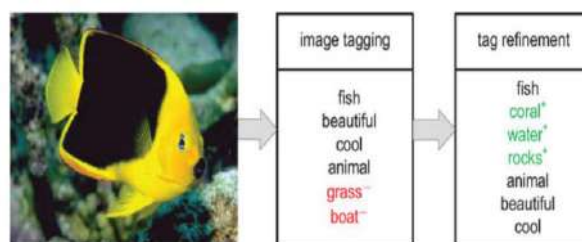


Fig. 1 – Tag list

Thus, the task is to form such a model for extracting and forming tags, on the basis of which it is possible to construct a brief description of the image under study. This system will help in the formation of automation of "viewing" images for visually impaired people.

References:

1. Fu J. Advances in deep learning approaches for image tagging / J. Fu, Y. Rui // APSIPA Transactions on Signal and Information Processing – Volume 6, 2017 – P. 1–13.

SOLVING THE PROBLEM OF USER NOTIFICATION IN SYSTEM FOR ECONOMY “BUY&SAVE”

Kryvoruchko M.A., Shirokopetleva M.S.

Kharkiv National University of Radio Electronics, Kharkiv

Technologies do not stand still and improve every day, but there are still processes that can be simplified and automated for benefit the users. In this case a system is being developed that would contribute to saving money on purchases and facilitate shopping in general. The “Buy&Save” system allows users to share promotional purchase offers and share the cost.

During the design process it was soon realized that a sub system for customizable user notification process was required. The problem was that all users were interested in different shopping categories and stores in general. Once a user posts a new offer not all other users will be potentially interested in it.

Therefore, the solution was designing a sub system that would notify a group of the most likely interested users about such offer based on a decision-making pattern. This pattern would be customizable by the user himself and would learn over time. It would not use machine learning but rather simple statistics and analytics. Apart from designing the sub system itself the correct data structure design is also very important. The offer data structure must be designed to be easily classified, filtered and sorted. If executed correctly the system will have no problem displaying the most appropriate offers to users.

Looking into the offer structure, it consists of the next fields: store type (automatically), store chain (automatically), concrete store, product type, description, offer type, overall price, split price, bonus rules, possible payment methods, expire date and time, date and time of publishing.

Based on the offer structure the user has access to the following preferences:

- store types (supermarket or grocery store, clothes and shoes shop, hardware shop, electronics store, perfume and cosmetics shop, toy store, bookshop, jewelry shop, sports shop, garden center);
- concrete store chain;
- concrete store at a particular location;
- type of product;
- possible store attendance radius;
- availability time span;
- possible store attendance radius and acceptance time.

All in all, the question of preference and statistics based user notifications is being addressed in the early stages of the “Buy&Save” system development. Finding the solution to such questions early is critical to the service success.

INFORMATION TECHNOLOGY FOR IT PERSONNEL ASSESSMENT

Kustov H.M., Stratiienko N.K.

National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», Kharkiv

Personnel assessment occupies a special place in the personnel management system of an IT company. This assessment is used in hiring and certification, in planning the career of employees, and in motivation, as well as creating and developing teams [1-3]. Personnel assessment is a time-consuming process, so the use of information technology will allow project managers to implement it most effectively. Therefore, the development of software for evaluating the staff of an IT company is relevant.

State of personnel assessment problems and the existing software solutions was analysed in the course of the study [3-5]. As a result, the task was formulated to develop software for evaluating the personnel of an IT company.

Methods for personnel assessment were analyzed and a competency assessment method was chosen since it gives results comparable in complexity and reliability to the results of the Assessment Center method, but unlike it, it does not require considering a group of several simultaneously evaluated specialists. Next, a list of key competencies for each IT company position was compiled and a methodology was developed for evaluating candidates for each competency.

The database, use case diagram, component diagram, and deployment diagram were developed during the software design process.

A test case was developed for testing the software functionality. The test was based on the personnel data of an IT company involved in medical projects. Four categories of skills are distinguished: technical, administrative, strategic, interpersonal skills and leadership. A rating scale for criticality and ability has been compiled. A register of technical competencies and skills was compiled. An assessment of the competencies of 45 employees was carried out and the obtained results were analyzed.

The research materials can be used by project managers and IT company management for assessing personnel.

References:

1. Кириллова О.Г. Оценка персонала как важнейший инструмент управления кадрами в организации / О.Г. Кириллова, О.Н. Валькович, Л.И. Сланченко // Экономика устойчивого развития. – 2014. - № 3. – С. 94-99
2. Клочков А. К. КРІ и мотивация персонала. Полный сборник практических инструментов. — Эксмо, 2010. — 160 с.
3. Каннинг М. Как эффективно управлять командой / М. Каннинг, М. Тучински, С. Кэмпбелл; пер. с англ. М. С. Меньшиковой. — М.: Вершина, 2006. — 160 с.
4. Управление проектами: Справочник для профессионалов [Текст] : [справочник] / под ред. А.В. Цветкова, В.Д. Шапиро. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Омега-Л, 2010. — 1276с.
5. Барышникова Е. Оценка персонала методом ассесмент-центра. — М.: Манн, Иванов И Фербер, 2013. — 256 с.

EVALUATION OF IT PROJECT RISKS: PROCESS AUTOMATION

Myrko P.O., Stratiienko N.K.

National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», Kharkiv

Risk management tasks play one of the most important roles in the process of IT projects management since the success of an IT project as a whole depends on timely response to risky events (maximizing positive and minimizing negative consequences) [1-3]. This allows us to conclude that the automation of this process is relevant. State of the risk assessment problem was analysed in this study [4-7] and the advantages and disadvantages of existing software solutions for risk management were highlighted. Based on the analysis, a task was formulated to automate the risk assessment process of IT projects. The main tasks of the developed system are automating processes of accumulation, processing, storage and transmission of information related to the qualitative and quantitative assessment of risks, as well as modeling scenarios for responding to identified risks. Choice of software development tools was grounded, a brief description of tools capabilities is given, the structure of the software for solving the problem and the structure of the database are described. To test the software's performance, a test example was formed on the basis of the IT project "Improving the quality of the software development process based on the dynamic setting of the task of the SMMI model". First of all, the risks for this project were identified based on various sources. The following sources were used: hypotheses and assumptions of the project, archives of previous IT projects in the company, a variety of information from public scientific work and marketing analytics. Approaches such as expert interviews and brainstorming have also been used to collect risk information.

A qualitative risk analysis was carried out. As a result, the probabilities of risk realization and the risk ranks were determined using the matrix "probability - consequences". For risks with a high and medium rank, a quantitative analysis was carried out on the basis of sensitivity analysis methods and a decision tree. The results were analyzed and recommendations were given for responding to risks.

The materials of this study are valuable for project managers, as they can facilitate the process of analysis, assessment and risk management of IT projects.

References:

- 1 Липаев В. В. Анализ и сокращение рисков проектов сложных программных средств. М.: СИНТЕГ, 2005. 224 с.
- 2 Шкурко В. Е. Управление рисками проектов. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2014. 184 с.
- 3 Ching Gu V., Hoffman J.J., Cao Q., Schniederjans M.J. The Effects of Organizational Culture and Environmental Pressures on IT Project Performance: A Moderation Perspective // International Journal of Project Management. 2014. No 32. P. 1170–1181.
- 4 Nikolaenko V.S., Petuhov O.N., Petukhova O.V., Romanovsky V.V. Special Aspects of Risk Management in ITProjects // The 28th International Business Information Management Accusation Conference 2016 (IBIMA), 2017. P. 241–260.
- 5 Фатрелл Р. Т., Шафер Д. Ф., Шафер Л. И. Управление программными проектами: достижение оптимального качества при минимальных затратах. М.: Вильямс, 2003. 1136 с.
- 6 Елкина О. С. Экономика проектного управления: риски на разных стадиях жизненного цикла проекта. Часть1. Сибирский торгово-экономический журнал. Омск: Омский институт (филиал) РГТЭУ, 2015. № 2 (20). С. 12-15. 2.
- 7 Merna T., Al-Thani F. Corporate Risk Management. 2nd ed. Chichester, UK; Hoboken, N.J.: John Wiley & Sons, Ltd, 2008.

STUDY OF PRICE FORECASTING EFFECTIVENESS BASED ON NEWS ARTICLES

Polovyi V.O., Orekhov S.V., Malyhon G.V., Vincent Agalab
National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», Kharkiv

Usually less successful technical analysis [1] tries to predict future prices based on past prices, whereas fundamental analysis tries to base predictions on factors in the real economy (e.g. inflation, trading volume, organizational changes in the company, demand for products or services offered by the company). As financial textual data (news articles) became available on the web, a new source of indicators appeared, which potentially could contain useful information for fundamental analysis. The objective of this project is to analyze and extract such information, and derive numerical indicators from financial text [2].

The first step in our research is to select a method for extracting keywords and creating specific keyword dictionaries. Second step is to select prediction method and its precision. We evaluate the outcome of our positive or negative prediction method using a keyword dictionary based on the overwhelming number of positive or negative keywords in this news item.

Our goal is to develop method and software prototype to predict stock price movements using news articles and investigate efficiency compared to conventional methods.

Common approaches to extracting keywords include manually assigning keywords based on the content of the article and the judgment of the authors. It takes a lot of time and effort, and can also be inaccurate in terms of choosing the right keywords. With the advent of natural language processing (NLP), keyword removal has turned into effective and efficient.

ARIMA method is used to predict selected values. The first step in applying ARIMA methodology is to check for stationary. "Stationary" implies that the series remains at a fairly constant level over time. If a trend exists, as in most economic or business applications, then your data is NOT stationary. The data should also show a constant variance in its fluctuations over time. This is easily seen with a series that is heavily seasonal and growing at a faster rate. In such a case, the ups and downs in the seasonality will become more dramatic over time. Without these stationary conditions being met, many of the calculations associated with the process cannot be computed.

References:

1. Lavrenko, V., Schmill, M., Lawrie, D., Ogilvie, P., Jensen, D., & Allan, J. (2000) Mining of Concurrent Text and Time Series. KDD-2000: Workshop on Text Mining.
2. Schumaker, Rob & Chen, Hsiu-chin. (2010). A Discrete Stock Price Prediction Engine Based on Financial News. IEEE Computer. 43. 51-56. 10.1109/MC.2010.2.

FORMATION OF THE SOLUTION SEARCH SPACE IN THE PROBLEM OF FINDING A HAMILTONIAN CYCLE ON A GRAPH

Prokopenkov V.P., Kozhyn Y.N.

National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», Kharkiv

The complexity of the problem of finding a Hamiltonian cycle on a graph of n vertices is $(n-1)!$ that's how much it takes to iterate over the options to find the best solution. This problem is used in various practical applications, is related to **NP** class of complexity, but interest in it remains.

For the algorithm of solving the problem the requirements are presented: complexity – not higher than polynomial; accuracy-guaranteeing the optimal solution; universality-applicability for any graph. There is no algorithm for solving this problem that meets these requirements due to the inability to formulate conditions that determine the optimal solution of the problem.

Therefore, the main way to solve the problem is to enumerate possible solutions to choose the best one. But to sort through all the space of solutions is simply not real. So the only possible solution is to reduce the search space. For the solution, a new method is proposed, which significantly reduces the search.

The complete space of possible solutions of the problem is the set of all cycles that can be constructed for the selected initial vertex, and any vertex of the graph can be initial. The optimal solution is a Hamiltonian cycle of minimum (shortest) length. It must contain in its structure shortest paths between some (or even all) vertices of the graph. Therefore, solutions that do not contain the shortest path between any pair of vertices of the graph should not get into the search space. On the contrary, solutions that contain such shortest paths should get into the search space.

But moving from the initial vertex along the shortest path, we can simply not build a Hamiltonian cycle. This can be seen if you try to solve this problem by simply using the algorithm to find the shortest path in the graph from a given initial vertex.

From each vertex of the graph, there can be $(n-1)$ shortest paths to the remaining vertices. Each of these paths can be tried to complete to the Hamiltonian cycle. And, of course, the cycle obtained in each case will be shorter if the completed part contains shortest paths between some vertices of the graph. This means that the construction of possible solutions for the search space should be based on the shortest paths between vertices in the graph.

Following this logic, the first step is to construct all shortest paths between each pair of vertices in the graph and at the second stage to form possible solutions from these shortest paths, which will make up the search space. The best solution from this space will be the optimal solution.

The proposed method can reduce the search space to size n^2-n and implement an algorithm that satisfies the formulated requirements.

ESSENCE OF INFORMATION WAR AND ITS MANIFESTATIONS IN MODERN ONLINE SPACE

Romashchenko N.V., Yakovenko K.V.

National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», Kharkiv

The paper considers matters of modern media war, which is conducted using traditional and electronic mass media, social networks and other modern communication media.

Information war is a form of media war between various entities (states, non-governmental, economic and other structures), which provides for a set of actions to harm the information sphere of a competing party and its own information security [1].

The essence of info-war is regular attacks on the enemy information security. The purpose of these assaults is to weaken the potential willingness to resist, the desire to create the illusion for the victim and third parties that the war has already been lost and resistance is useless.

The main tool of info-war is misinformation, which is spread through Internet sites and social networks.

In today's online space, information ware merges in misinformation based on demoralization and dehumanization. Disinformation is a lie about certain events - the creation of the so-called «fakes».

Fake news is information hoax or deliberate spreading of false data in social networks and traditional media with the aim of misleading in order to obtain financial or political benefits [2, p.5].

The demoralization tactic is manifested in selective data choice, which should demonstrate that the enemy is doing everything right and easily reaches the goal. As for dehumanization, this technique is aimed at demonstrating all the involved in the info-war that the enemy is deprived of basic human traits, and therefore the extermination can't be considered immoral.

Fake news spreads from creators to consumers through a complex ecosystem of websites, bots, and social networks. Media in this system is most often involved as a transmission link and a messages trusting stimulator. A bot (robot) is a computer program specially created to simulate the behavior of people in social networks.

Unfortunately, fact-checking is often left out before someone declares judgment or an opinion on a subject.

The result of a successful information war is not the destruction of the enemy army, but the undermining of the moral state for the entire enemy state population. As a result of used in the info-war technologies, society loses its identity and does not understand what happens in reality.

References:

1. Malyk, Y.Y. Information war and Ukraine / YY. Malyk // Democratic governance. - 2015. - №15 - Access mode: http://nbuv.gov.ua/UJRN/DeVr_2015_15_3
2. Raspopova, S.S., Bogdan E.N. Fake news: information mystification. - M.: Aspect Press, 2018. - 112 p.

PEDAGOGICAL TECHNOLOGY OF THE BUSINESS SIMULATION GAME IN TEACHING IT-DISCIPLINES IN ENGLISH

Zvertsev G.A., Lebed K.S.

National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», Kharkiv

The work considers the subject matter for application of modern pedagogical technologies to improve the quality of teaching IT disciplines in a technical higher educational institution.

The active development of Information Technologies and systems stipulated the necessity for the new approaches to the training of specialists. The relevance for the training of modern IT-specialties graduates to the modern labor market needs is determined by their ability to adapt to new conditions, the ability to work with large volumes of information, and creative proactivity. The development of these personality traits is possible using modern pedagogical technologies, one of which is a business simulation game.

Pedagogical technology is a systematic and consistent implementation of a pre-designed learning process into practice [1, p. 120].

A business simulation game is a means of developing creative professional thinking, during which a person learns to analyze specific situations and solve new for this person professional issues [2].

Initially, business simulation games were used to train managers and executives, but also showed positive results in teaching of many other university disciplines.

In the study of IT-disciplines, business simulation games also have significant potential, since they allow:

- to try on various professional roles of the IT team;
- to show knowledge, skills and abilities at various stages of Software Development and presentation of an IT product;
- to simulate various professional situations that await future specialists in their future work.

Additionally, business simulation games, which are held as part of the study of disciplines in English, give opportunity to improve speaking skills and expand vocabulary. They help to develop a culture of speech and to form skills to correctly defend their interests and beliefs in English.

Thus, the use of business simulation games in the study of disciplines of IT specialties in English can improve the quality of educational, language and practical training and give students a real idea of future professional activities.

References:

1. Ortinsky V.L. Pedagogics of Higher School. – K.: Center of Educational Literature, 2009. – 472 p.
2. Buryanova V.V. Educational game as a means for developing the creative potential of a future specialist. / V.V. Buryanova // Organization and methodological support of the educational process: Scientific materials of the All-Ukrainian Scientific-Methodological Internet Conference. - Access mode: http://college.nuph.edu.ua/wp-content/uploads/2017/04/St_2_Burianova.pdf 3

PROBLEMS OF SOFTWARE TESTING ON ISO 25010 CRITERIA

Zybin V.I., Liutenko I.V., Lukinova D.A.

National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», Kharkiv

Electronic devices have occupied all the niches of modern life, ranging from ordinary communication via smartphones to electronic equipment in such important and complex fields of activity as medicine, astronautics, etc. Algorithms and software structures become more complex with each passing year, and a small error in the software code can cause great harm.

The complexity and importance of modern software makes the software testing an important step in the development of software systems of any type and scope. Firstly, it prevents and corrects system errors. Secondly, even testing small commercial products can detect errors that can save a large amount of money to the customer.

The ISO 25010 standard is used to evaluate the quality of the software. The quality of a system is the degree to which the system satisfies the stated and implied needs of its various stakeholders, and thus provides value. Each requirement is a description of the required or desired property of the software. The following quality criteria are distinguished [1]:

- Functional Suitability;
- Performance efficiency;
- Compatibility;
- Usability;
- Reliability;
- Security;
- Maintainability;
- Portability.

The quality model determines which quality characteristics will be taken into account when evaluating the properties of a software product. The software is divided into different categories (Web, desktop, embedded, etc.), each with its own characteristics, and the quality criteria may have the various weight coefficients for different categories. Software testing is generally the one of the software product quality control techniques.

For enhancing (and simplifying) the process of software testing quality evaluation with using testing data the Fuzzy logic approach is suggested. Fuzzy logic allows to choose the most important criteria for each software type. In the final count usage of Fuzzy logic allows to increase the efficiency of software testing evaluation.

References:

1. ISO/IEC 25010 / Access mode: <http://iso25000.com/index.php/en/iso-25000-standards/iso-25010>

ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ПРОГНОЗУВАННЯ НАУКОВО-ТЕХНОЛОГІЧНОГО РОЗВИТКУ РЕГІОНУ

Бабич І.І., Близнюк М.Ю.

LineUpLLC, м. Харків

В роботі розглядається питання розробки інформаційної технології формування стратегії розвитку регіону, яка в умовах обмеженості коштів дозволила обрати з численного переліку можливих технологічних інновацій саме ті, фінансування яких забезпечить максимальний ефект розвитку регіону.

В якості ядра інформаційної технології пропонується використовувати модифіковану імітаційну модель прогнозування науково-технологічного розвитку промисловості України [1,2], попередньо модифіковану і налаштовану з урахуванням особливостей функціонування регіону.

Для прогнозування економічної та інвестиційної складової розвитку регіону передбачається застосовувати методи оцінювання впливу на соціально-економічний і науково-технологічний стан регіону від впровадження проектів державного рівня та формування оптимальних портфелів проектів [3].

Поєднання імітаційної моделі із зазначеними методами в рамках єдиного інформаційного середовища дозволить вирішувати завдання підтримки прийняття рішень на регіональному рівні з високою ефективністю.

Використання даної інформаційної технології органами регіональної влади дозволить вирішувати наступне коло завдань:

- прогнозувати науково-технологічний розвиток регіону в розрізі основних галузей за видами економічної діяльності;
- оцінювати вплив від впровадження того чи іншого інвестиційного проекту на соціально-економічний і науково-технологічний стан регіону;
- формувати оптимальний портфель проектів розвитку регіону за низкою критеріїв;
- розробляти стратегію інноваційного розвитку регіону на середньо- та довгострокову перспективу.

Результати моделювання та прогнозування розвитку регіону також можуть бути використані при прийнятті рішень на державному та галузевому рівнях про заходи, спрямовані на впровадження прогресивних технологій, а також з підтримки розвитку науково-технологічної сфери країни в цілому.

Література:

1. Бабич И.И. Моделирование межотраслевых взаимодействий в имитационной модели прогнозирования развития промышленности Украины // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Стратегічне управління, управління портфелями, програмами та проектами. – Х.: НТУ «ХПІ», 2017. – №2 (1224). – с. 95-105.
2. Babych I.I. Improvement of the simulation model for forecasting the development of industry in Ukraine // Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доповідей XXV міжнародної науково-практичної конференції MicroCAD-2017, 17-19 травня 2017 р.: у 4 ч. Ч. I. / за ред. проф. Сокола Є.І. – Харків: НТУ «ХПІ». – с. 4.
3. Kononenko, I., Babych, I. (2011), Forecasting of Results of the State-Level Projects Implementation. The 7th International Conference on Business, Management and Economics (ICBME 2011). E-Proceedings. Cesme, Izmir, Turkey. 06-08 October 2011. – 15 pp.

СПЕЦИФІКАЦІЯ ВИМОГ ДО ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ АВТОРОЗНАВЧОЇ ЕКСПЕРТИЗИ

Борисова Н.В., Мельник К.В., Слюсарева Ю.В.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,
м. Харків*

Авторознавча експертиза – це один із різновидів лінгвістичної експертизи, що дозволяє провести ідентифікацію особи. Задачі авторознавчої експертизи поділяються на діагностичні, що стосуються визначення особистісних характеристик автора та фактів свідомого спотворення письмової мови, та ідентифікаційні, що стосуються встановлення або перевірки авторства. Задача, що вирішується розроблюваною програмою, належить до діагностичних задач, а саме визначення особистісних характеристик автора, зокрема гендерної приналежності та віку. Для автоматизації визначення зазначених характеристик використовуються такі методи класифікації: наївний Байєсівський, метод опорних векторів, дерева рішень, метод k-найближчих сусідів. При цьому для англійської мови найкращий результат показав метод опорних векторів. Точність визначення гендерної приналежності становила більше 80%, а точність визначення віку – більше 70%. Проте результати аналізу існуючих підходів до вирішення поставленої задачі виявили певні недоліки, основними з яких на наш погляд є: 1) наявність невеликої кількості відкритих програмних реалізацій та веб-сервісів з обмеженим функціоналом; 2) відсутність відкритих програмних реалізацій та/або веб-сервісів для слов'янських мов.

При розробці власної програми для авторознавчої експертизи, перш за все необхідно визначити функціональні та нефункціональні вимоги. Представимо опис функціональних вимог у вигляді user story. Для класифікації текстів було обрано характеристики. Ці характеристики не залежать від контексту та мови, якою написано текст, а також мають лінгвістичну інтерпретацію. Всі використовувані відмінності буде переведено у форму, прийнятну для програмної обробки. Обрані характеристики умовно було поділено на шість груп: 1) дані щодо частоти використання знаків пунктуації та спеціальних символів; 2) дані щодо частоти використання різних частин мови та їх сполучень; 3) дані щодо довжини речень та слів; 4) дані щодо частоти використання мовних зворотів та фразеологізмів; 5) дані щодо частоти використання смайликів; 6) дані щодо словникового запасу. Матеріалом для аналізу слугуватиме корпус записів з блогів. У якості методу аналізу було обрано метод опорних векторів, який показав високу ефективність у вирішенні основного завдання дослідження, відповідно до літературних джерел. Класифікація за гендерною приналежністю здійснюватиметься на два класи: чоловіки та жінки, а класифікація за віком авторів – на 4 класи: не досягли 16, від 16 до 25, від 25 до 44, від 44 і старше. Такий розподіл відповідає Віковій класифікації Всесвітньої організації охорони здоров'я. Стосовно нефункціональних вимог було розроблено вимоги до інтерфейсу, апаратні та програмні вимоги, операційні вимоги.

**РОЗРОБКА ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ВИМОГ
ДО ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ
ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ РІВНЯ ВОЛОДІННЯ НІМЕЦЬКОЮ МОВОЮ**

Борисова Н.В., Мельник К.В., Черватюк Ю.В.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,
м. Харків*

Сучасні тенденції мовної освіти в Україні зумовлені процесом об'єднання Європи, що супроводжується формуванням загального освітнього і наукового простору та необхідністю розробки єдиних критеріїв і стандартів у масштабах усього континенту. Мовна освіта в Україні реформується з урахуванням основних досягнень європейських країн у цій галузі. З огляду на це виникає нагальна потреба у проведенні атестації осіб, що вивчають іноземну мову, з метою визначення рівня володіння іноземною мовою для прийняття подальших рішень. Оскільки кількість бажаючих визначити свій рівень володіння іноземною мовою зростає кожного року, необхідно автоматизувати цей процес. При розробці власної системи тестування для визначення рівня володіння німецькою мовою ми орієнтувалися на Загальноєвропейську систему рівнів володіння мовою, описану в [1], тому що використання стандартних категорій при описі власної системи, а також використання об'єктивних критеріїв оцінки рівня володіння мовою забезпечить зрозумілість та прозорість отриманих результатів. Система тестування охоплюватиме усі рівні володіння мовою, а також різні аспекти володіння мовою, що включають міжнародні екзамени: Leseverstehen, Hörverstehen, Schriftlicher Ausdruck. Для використання програми користувачеві потрібно зареєструватися. Передбачено, що програмою зможуть користуватися два види користувачів: адміністратор та звичайний користувач. Адміністратор – це викладач, який працює з базою тестових завдань, може реєструвати та видаляти користувачів, переглядати результати тестувань і т.п. Звичайний користувач – це користувач, який може скористатися програмою або для визначення свого рівня володіння німецькою мовою, або для підтвердження певного рівня володіння нею. У першому випадку система тестування працюватиме за адаптивною моделлю. У другому випадку система тестування подаватиме користувачеві питання, що відповідають певному рівню. Результат тестування розраховуватиметься аналогічно до розрахунку результатів екзамену для отримання Goethe-Zertifikat: оцінка «дуже добре» виставляється за 100-90% правильних відповідей, «добре» за 89,5-80%, «задовільно» за 79,5-70%, «достатньо» за 69,5-60%, «не зараховано» – менше 60%. Після проходження тесту користувач отримуватиме звіт з результатами та їх докладним аналізом. Якщо користувач захоче пройти тест повторно, він отримає інші питання, крім того відповіді також будуть перемішані.

Література:

1. Загальноєвропейські рекомендації з мовної освіти: вивчення, викладання, оцінювання / Науковий редактор українського видання д.пед.н., проф. С.Ю. Ніколаєва. – К.: Ленвіт, 2003. – 273 с.

РОЗРОБКА МОБІЛЬНОГО ДОДАТКУ ДЛЯ КОМПАНІЇ «ПОШТА+»

Васильєва А.С., Гринченко М.А.

Національний технічний університет

«Харківський політехнічний інститут», м. Харків

На сьогоднішній день поштовий зв'язок є важливим фактором економіки країни. Проблема якості надання послуг актуальна для операторів поштового зв'язку в Україні. Найважливішим критерієм оцінки рівня якості послуг поштового зв'язку є рівень задоволеності споживачів, цей показник аналізують більшість розвинутих країн. Головними конкурентними чинниками надання поштових послуг є цінова доступність та якість обслуговування [1]. Цінова доступність характеризується такими факторами як лояльна ціна та наявність знижок, а якість обслуговування характеризується низкою факторів, а саме: зручність для споживачів, оперативність надання послуг, гнучкість у підході до роботи зі споживачами та інші. Для забезпечення цих факторів сучасні поштові компанії використовують інформаційні системи.

У теперішній час існує чимало інформаційних систем для мобільних пристроїв [2], які використовуються для здійснення поштових операцій. Їх мають майже всі найбільші конкурентні фірми з надання поштово-логістичних послуг в Україні такі як «Нова пошта», «Укрпошта», «FedEX» та інші. Однак їх мобільні додатки не забезпечують належну якість обслуговування та належного сервісу. Тому є потреба в розробці більш зручного та клієнтоорієнтованого мобільного додатку для здійснення більшого спектру поштових послуг. Цей мобільний додаток забезпечить підвищення якості надання поштово-логістичних послуг та сервісу компанії. Інформаційна система дасть можливість відстежити своє відправлення в он-лайн режимі, використовуючи зрозумілу і прозору систему назв статусів і підказок до них, також дозволить оплачувати посилку безготівково та змінювати маршрут посилки.

Для реалізації проекту з розробки мобільного додатку для компанії «Пошта+» були обрані сучасні технології розробки програмного забезпечення в середовищі Android Studio. Мобільний додаток матиме універсальну архітектуру та зможе використовуватися іншими поштово-логістичними компаніями. Ця інформаційна система в діяльності поштової компанії допоможе сприяти збільшенню кількості клієнтів та полегшить взаємозв'язок з ними. Розроблена інформаційна система надасть можливість підвищити якість обслуговування та дозволить досягти конкурентних переваг, необхідних в умовах активізації внутрішньої й зовнішньої конкуренції.

Література:

1. Підвищення якості обслуговування споживачів для досягнення конкурентних переваг підприємства поштового зв'язку. [Електронний ресурс] / Н.О. Князева, О.А. Князева // Економіка: реалії часу. Науковий журнал. – 2012. – № 1 (2). – С. 40-45. – Режим доступу: <http://economics.opu.ua/files/archive/2012/n1.html>
2. Обзор украинских служб доставки. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://horoshop.ua/blog/obzor-ukrainskikh-sluzhbb-dostavki/>

ОСОБЛИВОСТІ РЕКОМЕНДАЦІЙНИХ СИСТЕМ КОНТЕКСТНОГО ТИПУ ДЛЯ ЦИФРОВОГО МАРКЕТИНГУ

Вовк М.А., Ворона Б.М., Зубенко А.О.

Національний технічний університет

«Харківський політехнічний інститут», м. Харків

На ринку IT-продуктів прогнозовано зростає попит на рекомендаційні системи. За останні кілька років було проведено велику кількість досліджень на тему рекомендаційних технологій, які використовували широкий спектр статистичних методів, машинного навчання, пошуку інформації та інших, які значно просунули сучасні рекомендаційні системи на більш високий рівень в порівнянні з ранніми, що використовують спільну та контентно-орієнтовану евристику.

Після створення профілів користувачів і елементів найбільш загальна функція оцінки рейтингів може бути визначена в термінах цих профілів і раніше заданих рейтингів наступним чином: Нехай профіль користувача визначається як вектор функції p , тобто $\vec{C}_i = (a_{i1}, \dots, a_{ip})$. Крім цього, нехай профіль елемента j визначається як вектор r ознак, тобто $\vec{S}_j = (b_{j1}, \dots, b_{jr})$. Окрім цього, нехай \vec{C} - вектор всіх профілів користувачів, тобто $\vec{C} = (\vec{C}_1, \dots, \vec{C}_m)$, і нехай \vec{S} - вектор всіх профілів елементів, тобто $\vec{S} = (\vec{S}_1, \dots, \vec{S}_n)$. Тоді найбільш загальну процедуру оцінки рейтингу можливо визначити як

$$r'_{ij} = \begin{cases} r_{ij}, & \text{if } r_{ij} \neq \emptyset \\ u_{ij}(R, \vec{C}, \vec{S}), & \text{if } r_{ij} = \emptyset \end{cases}$$

який оцінює кожен невідому оцінку $r'_{ij} = u_{ij}(R, \vec{C}, \vec{S})$ в термінах відомих оцінок $R = \{r_{ij} \neq \emptyset\}$, профілів користувачів \vec{C}_i і профілів елементів \vec{S}_j . Можна використовувати різні методи для оцінки функції корисності u_{ij} . Зазначена модель представляє собою найбільш загальну модель, яка залежить від цілого діапазону входів, включаючи характеристики користувача (\vec{C}_i) і, можливих інших користувачів $\vec{C} = (\vec{C}_1, \dots, \vec{C}_m)$, характеристики елемента j (\vec{S}_j) і, можливо, інші елементи $\vec{S} = (\vec{S}_1, \dots, \vec{S}_n)$, рейтинги (переваги) R_i , виражені користувачем i , і рейтинги (переваги), виражені усіма іншими користувачами $R = \{r_{ij} \neq \emptyset\}$. Таким чином, функція u_{ij} явно включає в себе спільні, засновані на контенті і гібридні методи. Однак більшість існуючих рекомендаційних систем роблять функцію u_{ij} залежною тільки від малої підмножини всього вхідного простору R, \vec{C}, \vec{S} .

Цікавим завданням дослідження було б розширити профілі на основі атрибутів, як визначено \vec{C} і \vec{S} , для використання більш складних методів профілювання, таких як правила, послідовності і методи на основі сигнатур.

У подальшій роботі планується створити підхід до групування товарів, який поєднає опис товару та їх зображення. Це може дозволити розширити число дескрипторів, щоб побудувати подібні групи елементів.

ДОЦІЛЬНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ NGN МЕРЕЖ

Довбня В. С.

*Державний університет телекомунікацій,
м. Київ*

Мультисервісна мережа (Next Generation Network, NGN) – являє собою єдину телекомунікаційну структуру, здатну передавати дуже великі об'єми інформації, такі як: відео, голос, інтернет-трафік.

Швидкість такого з'єднання буде перевищувати в десятки разів швидкість з'єднання традиційних мереж. NGNтехнології дають змогу інтегрувати всіх користувачів в єдину широкосмугову мережу. В свою чергу, єдина мережа надає всі види сервісного забезпечення – високошвидкісний доступ в інтернет, IP-телефонію, організацію офісних, або домашніх мереж, різні мультимедійні сервіси.

Мережа NGNзабезпечує якість обслуговування, яке є необхідним для багатьох видів телекомунікаційного трафіка. Особливість мереж полягає в тому, що маршрутизація, передача пакетів і елементи обслуговування передачі (маршрутизатори, канали, комутатори, шлюзи) фізично та логічно віддалені від пристроїв та логіки керування послугами та викликами.

Логіка, яка використовується в мережі, підтримує всі типи послуг в пакетній мережі, починаючи від телефонного базового зв'язку та закінчуючи передачею даних, мультимедійної інформації, зображень. Саме вказаними особливостями мережа NGNвідрізняється від звичайних телефонних та IP-мереж.

Мережі NGN, як результат об'єднання телефонних мереж, та мережі інтернет, поєднують в собі їхні найкращі риси. Мережі NGNмають такі характеристики:

- Висока адаптація для різних видів трафіка.
- Гарантовано висока якість голосового зв'язку
- Низька вартість передачі з розрахунку на одиницю об'єму інформації.

Основні переваги та особливості:

1. Мережі NGN надають змогу реалізовувати більш нові послуги, які є джерелом додаткових доходів.
2. Можливість надання пакетів послуг.
3. Відкриті та стандартні інтерфейси.
4. Можливість введення нових послуг, створених сторонніми постачальниками.
5. Легкість в обслуговуванні мереж.

Література:

Бакланов И. Г. NGN: принципы построения и организации / И. Г.Бакланов // Эко-Трендз. – 2008. –400 с.

ОБЕСПЕЧЕНИЕ НАДЁЖНОСТИ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА МОБИЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ РАЙОНА ЧРЕЗВЫЧАЙНОЙ СИТУАЦИИ НА ОСНОВЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ROIP-КАНАЛОВ

Закора А.В., Фещенко А.Б.

*Национальный университет гражданской защиты Украины,
г. Харьков*

Современные действия ГСЧС Украины могут отличаться высокой динамичностью и маневренностью. В условиях чрезвычайной ситуации (ЧС) повышается значение системы управления подразделений, организационного и технического обеспечения проводимых мероприятий. Одной из важных составляющих данной системы является подсистема мониторинга мобильных объектов, которая обеспечивает оперативный сбор и отображение информации о положении и параметрах движения подразделений ликвидаторов. Существенный прогресс в совершенствовании данных систем связан с интенсивным развитием глобальных систем спутниковой навигации и мобильной связи. В то же время уязвимым элементом системы мониторинга остается канал передачи данных подсистемы сбора и отображения, по которому осуществляется передача данных о параметрах объектов. Используемый в современных технических решениях канал GSM-связи при масштабных ЧС становится ненадежным. Для повышения надёжности передача данных может осуществляться с использованием RoIP-каналов. Система радиосвязи RoIP является новым сегмент универсальной коммуникационной системы, который осуществляет преобразование радиосигналов в цифровые данные для передачи по IP-сети, и обратное преобразование на стороне второго абонента. Эта система предназначена для передачи речи по локальной сети в реальном времени между компьютером и удаленными радиостанциями (рис. 1).

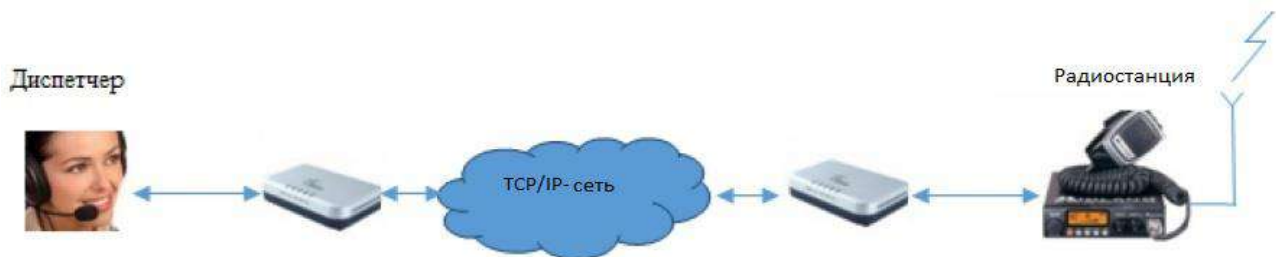


Рис. 1 - Схемы организации связи радиостанции с пультом дистанционного управления через IP-сеть.

Основное назначение системы - обеспечение устойчивой радиосвязью объектов со сложной инфраструктурой и топологией, объединение в одну сеть нескольких групп пользователей, использующих разный частотный ресурс, обеспечение возможности перехода на цифровые системы передачи речи без замены абонентского парка радиостанций.

Выбор технических средств для создания каналов передачи данных должен проводиться с учетом ряда технических и экономических показателей, таких как время передачи данных от GPS-трекера на сервер системы, время обработки вычислительной подсистемой полученных данных, вероятность возникновения ошибки в составе системы и им подобные.

ОСОБЛИВОСТІ АДАПТИВНОГО НАВЧАННЯ ПЕРСОНАЛУ В ІТ-КОМПАНІЯХ НА ОСНОВІ ГРАФОЛОГІЧНОГО ПІДХОДУ

Карнаух В. Е., Білова М. О.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

Актуальність роботи визначається необхідністю удосконалення існуючих методів навчання співробітників ІТ-компаній в умовах зростаючої конкуренції та мінливого рейтингу затребуваних технологій. Задача навчання та відбору співробітників, пов'язана з використанням електронного навчання (e-learning), особливої значущості набирає у зв'язку з потребою формування ефективних команд для роботи над новими проектами компанії.

Незважаючи на наявність великої кількості систем електронного навчання, їх типовий функціонал не в повній мірі відповідає вимогам ІТ-компаній [1]. У зв'язку з цим у даній роботі пропонується удосконалення існуючих підходів відповідно до вимог адаптивного навчання із запровадженням елементів графологічної теорії: організація знань та компетентностей персоналу представлена за допомогою орієнтованого дерева, де корінь дерева – це посада, яка, ймовірно, буде надана працівникові, сполучні вершини кореня – поточний рівень його компетентності, а листя графа визначає підсумкові знання, які відповідають певним навичкам. До моделі вершини графа додана мітка — мінімальний поріг знань, необхідний для створення індивідуального плану підвищення кваліфікації, де m – мінімальний поріг знань, r – необхідний рівень знань для роботи на проекті. Надалі, за запропонованим алгоритмом (рис. 1), здійснюється пошук співробітників під проектні вимоги, та формується стратегія їх навчання відповідно до особливостей проекту.

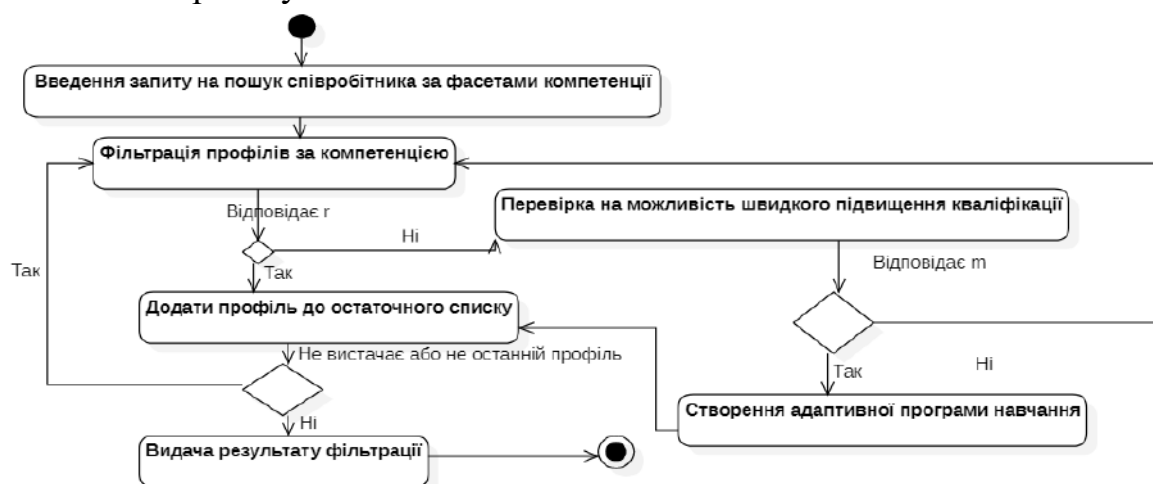


Рис. 1 – Загальний алгоритм пошуку співробітників за компетенцією

Таким чином, у роботі сформовано підхід до реалізації адаптивного навчання персоналу в ІТ-компаніях відповідно до положень графологічної теорії.

Література:

1. В. Є. Сокол Класифікація, типова функціональність та особливості застосування систем електронного навчання та тренінгу персоналу в ІТ-компаніях / М. В. Ткачук, В. Є. Сокол, М. О. Білова, О. С. Космачов // Сучасні інформаційні системи. – 2018. – Т.2. – №4. – С. 87–95.

РОЗРОБКА АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ДЛЯ ОПЕРАТИВНО-ДИСПЕТЧЕРСЬКОЇ СЛУЖБИ ПІДРОЗДІЛІВ ДЕРЖАВНОГО ВОЄНІЗОВАНОГО ГІРНИЧОРЯТУВАЛЬНОГО ЗАГОНУ ДСНС УКРАЇНИ

Коваленко Р.І.

Національний університет цивільного захисту України, м. Харків

В Україні щодня виникають різні види небезпечних подій, які іноді за своїми масштабами та збитками стають надзвичайними ситуаціями. Запобіганням їх утворенню, реагуванням на них та допомогою населенню під час виникнення цих подій і ситуацій займаються підрозділи Державної служби України з надзвичайних ситуацій (ДСНС України).

Особливою складністю вирізняється проведення оперативних робіт на гірничих та інших потенційно-небезпечних підприємствах. Складність полягає у тому, що доводиться тривалий час проводити роботи у непридатному для дихання середовищі, у закритому просторі, під час впливу на особовий склад високої температури, агресивного хімічного середовища та загроз обвалу і вибуху та ін. Реагуванням на вказані види небезпечних подій та надзвичайних ситуацій займаються підрозділи Державного воєнізованого гірничорятувального загону (ДВГРЗ) ДСНС України. Важливим показником, який впливає на ефективність проведення оперативних робіт є час реагування. З метою підвищення рівня оперативної готовності, враховуючи деяку відмінність специфіки виконуваних за призначенням робіт ДВГРЗ порівняно з іншими підрозділами ДСНС України, виникає необхідність у створенні окремої автоматизованої системи управління для оперативно-диспетчерської служби вказаного підрозділу.

В роботі запропоновано автоматизовану систему управління для оперативно-диспетчерської служби ДВГРЗ ДСНС України, яка має схожу з раніше запропонованою системою [1] логічну архітектуру та містить дві бази даних і одну базу знань. В базах даних міститься інформація про чисельність, місця дислокації, обладнання та об'єкти обслуговування цього аварійно-рятувального формування. База знань вміщує методи та алгоритми, які дозволяють визначити ймовірний час реагування [2] і, з урахуванням цього, провести прогноз масштабів небезпечної події або надзвичайної ситуації до моменту прибуття підрозділів, крім цього, виконати необхідний розрахунок сил та засобів.

Література:

1. Шматко О. В., Калиновський А. Я., Коваленко Р. І., Смолянінов С. С. Розробка автоматизованої системи управління для оперативно-диспетчерської служби оперативно-координаційного центру ГУ ДСНС України у Харківській області. *Системи обробки інформації*. Харків, 2016. Вип. 4(141). С. 204–208.
2. Калиновський А. Я., Коваленко Р. І. Розробка математичної моделі визначення часу реагування аварійно-рятувальних формувань на локальні надзвичайні ситуації. *Пожарна безпека*. Львів, 2017. № 31. С. 43–48.

СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ ЕЛЕКТРОННОГО СЕРВІСУ ПІДБОРУ ГАРДЕРОБУ

Когут Д.Р.

*Державний університет телекомунікацій,
м. Київ*

Розвиток інформаційних технологій, зокрема розвиток Штучного Інтелекту (ШІ) уже сьогодні надзвичайно сильно змінив буденне життя людей. Зараз вже важко уявити життя без мобільного телефону, інформацію вже не шукають у бібліотеках, зараз її пошук здійснюють у глобальній мережі Інтернет, а соціальні мережі об'єднують людей із різних, навіть найвіддаленіших, точок світу.

Проте ще досі є багато речей які можна вдосконалити використовуючи Штучний Інтелект.

Тема даної доповіді стосується можливого використання ШІ в сервісі, що допомагатиме персонально підбирати одяг для кожної людини.

Кожна людина по різному ставиться до свого стилю одягу, проте практично кожен хоче виглядати стильно, проте далеко не кожен може підібрати зі свого гардеробу відповідний йому стиль одягу і - що не менш важливо - не кожен може собі дозволити послуги персонального стиліста.

В такому разі є чудова можливість дозволити це робити не кожному особисто, а довірити цю, доволі творчу, роботу Штучному Інтелекту.

Такий підхід дозволить кожному користувачеві сервісу відносно дешево і швидко підібрати із існуючого гардеробу, щось доволі оригінальне та досить стильне, або створити щось абсолютне нове, підібране особисто для людини.

Проте важливо також пам'ятати і існуючі виклики, що потрібно подолати на шляху створення даного сервісу.

Адже незважаючи на те, що за останнє десятиліття дослідження в області комп'ютерного зору та Систем Підтримки Прийняття Рішень просунулися досить далеко, ще досі існують виклики пов'язані із складністю моделей, що стоять за такими моделями, а це в свою чергу веде до надзвичайно довгого процесу навчання ШІ.

Тим не менш через деякий, не визначений, час науковий світ зможе подолати ці обмеження, що в свою чергу дозволить використовувати ці моделі із оптимальними затратами часу.

РОЗРОБЛЕННЯ ІНТЕРФЕЙСУ SCADA-СИСТЕМИ ВИРОБНИЦТВА ЙОГУРТІВ

Козмарева А.Ю., Дзевочко О.М.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,
м. Харків*

Всі кисломолочні напої, в тому числі йогурти, виробляють за традиційною технологією шляхом сквашування підготовленого пастеризованого молока з подальшим охолодженням згустку. В основі технології кисломолочних продуктів лежать біотехнологічні процеси.

Йогурт виробляють переважно резервуарним способом [1]. Сквашування здійснюється в спеціальних резервуарах для вироблення кисломолочних продуктів. Розглянемо приклад розробки інтерфейсу АРМ (автоматизованого робочого місця) оператора резервуару для виробництва йогурту реалізованого в SCADA-системі Trace Mode V6.

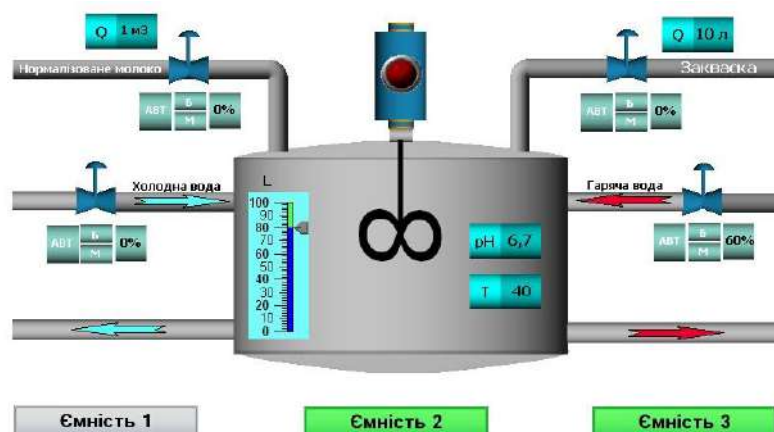


Рис. 1 – Відеокадр SCADA-системи резервуару для сквашування

Розроблений людино-машинний інтерфейс (Human-Machine Interface) надає інформацію оператору та відображає усі процеси, які протікають в об'єкті та обладнанні, забезпечує диспетчерське управління та збір даних.

Збір даних здійснюється ПЛК-110 з MB 110-8A [1] та містить дані щодо приладів, датчиків та стан усього обладнання, які передаються до SCADA-системи, та перетворюються у звичайний для людини вигляд щоб оператор мав змогу оцінити ситуацію та здійснити потрібні управляючі дії.

Література:

1. Козмарева А.Ю., Дзевочко О.М. Комп'ютерно-інтегрована система управління лінією виробництва йогурта. Матеріали VI Міжнародної науково-технічної Internet-конференції «Сучасні методи, інформаційне, програмне та технічне забезпечення систем керування організаційно-технічними та технологічними комплексами», м. Київ, 20 листопада 2019. – 2019. – С 198. / Режим доступу: <https://nuft.edu.ua/naukova-diyalnist/naukovi-konferencii/?active=materali-konferenczi>

ІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА ДЛЯ ФОРМУВАННЯ ЗВІТІВ ПРО НАУКОВІ ТА НАУКОВО-МЕТОДИЧНІ ПУБЛІКАЦІЇ

Костюк Є.О., Двухглавов Д.Е.

Національний технічний університет

«Харківський політехнічний інститут», м. Харків

З року в рік зростає кількість різного роду звітів, довідок та іншої документації, яку вищому навчальному закладу необхідно надавати в різні організації. Одними з таких є звіти про науково-дослідницьку діяльність працівників кафедри. Науково-дослідницька діяльність є значною і обов'язковою частиною роботи кожного викладача. Кожен навчальний рік всі викладачі в обов'язковому порядку надають в письмовому вигляді звіт про свою роботу.

Основні форми науково-дослідницької діяльності вузу:

- 1) участь у підготовці та виконанні наукових проєктів;
- 2) участь у наукових і науково-практичних заходах (семінарах, конференціях, симпозіумах і ін.);
- 3) опублікування наукових робіт;
- 4) підготовка і атестація кадрів вищої наукової кваліфікації;
- 5) керівництво науково-дослідною роботою студентів

Для написання звіту потрібно виконувати пошук потрібної інформації вручну та обробити великий обсяг інформації. Це займає багато часу та людських ресурсів. Тому обов'язково слід застосувати засоби автоматизованої обробки інформації. Для вирішення такого завдання необхідно розробити систему, яка б зберігала всю інформацію централізовано, надавала можливість швидкого пошуку та обробки даних і дозволяла автоматично генерувати звіти. Створення інформаційної системи дозволить зменшити час на підготовку звітних документів та збільшити продуктивність, дозволить автоматизувати процес збереження інформації та процес підготовки до формування звітів, що в свою чергу дозволяє значно пришвидшити роботу викладачів та інженерів кафедр.

Важливим напрямком збільшення продуктивності вирішення розглядуваного завдання є розробка компонентів для зчитування інформації з різного роду документів та автоматичного пошуку інформації. Це, в свою чергу, дозволить автоматично поповнювати сховище даних новою інформацією. Іншими словами актуальним питанням є розробка компонентів, що дозволяють завантажити у базу даних власної розробки інформації про публікації з науково-метричних баз джерел інформації. Також на етапі первинного наповнення важливим є завдання завантаження даних із відомостей про публікації у форматі документів MS Word.

Важливим також є реалізація можливості зберігання в системі різного роду шаблонів звітних документів. Тоді при створенні звіту співробітник зможе обрати необхідний шаблон, а система, в свою чергу, автоматично створить документ та занесе необхідні дані з сховища даних.

КОНСОЛІДАЦІЯ ДАНИХ ЯК ОСНОВА АВТОМАТИЗАЦІЇ ОБЛІКУ РЕЗУЛЬТАТІВ ДІЯЛЬНОСТІ ДИСТРИБУТОРСЬКОЇ МЕРЕЖІ

Кошелев В.В., Двухглазов Д.Е.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

Об'єктивні процеси розвитку суспільства сприяють інтеграції розподілених підрозділів з продажу різноманітної продукції у єдині дистрибуторські мережі. Одним з найважливіших етапів в роботі таких мереж є підготовка, збір і зведення звітів. Консолідована звітність дозволяє побачити реальну картину результатів роботи всієї мережі в ключових показниках.

Поняття «консолідація», що розглядалось в ході дослідження, – комплекс методів і процедур, спрямованих на отримання даних з різних джерел, забезпечення необхідного рівня їх інформативності та якості, перетворення в єдиний формат, в якому вони можуть бути завантажені в сховище даних або інформаційну систему [1].

Процесу консолідації властиві особливості, які мають бути враховані. По-перше, дані в мережі дистрибуції розташовані в різних джерелах найрізноманітніших форматів і типів – в файлах офісних документів, в облікових системах, у базах даних. По-друге, дані можуть бути надлишковими або недостатніми. А по-третє, дані бувають «брудними», тобто містять фактори, що заважають їх правильній обробці та аналізу (пропуски, аномальні значення, дублікати і протиріччя) [1]. Процес консолідації у загальному випадку може бути представлений у вигляді схеми, наведеної на рис.1.

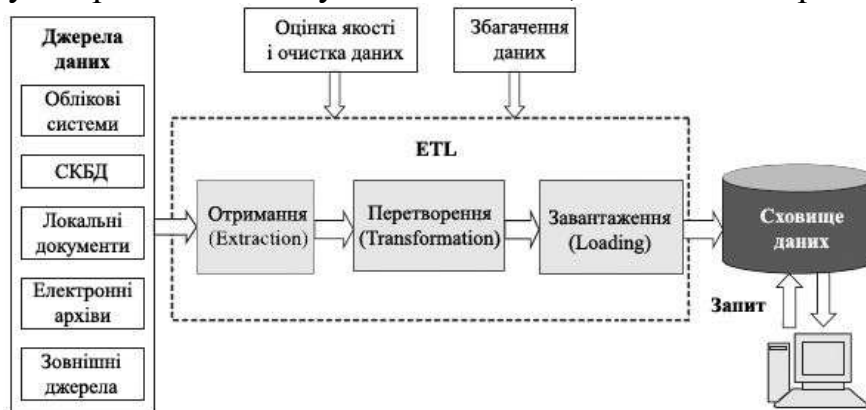


Рис. 1. – Узагальнена схема процесу консолідації

До консолідованих даних може бути сформульований ряд вимог: забезпечення високої швидкості доступу; компактність зберігання; автоматична підтримка цілісності структури даних; забезпечення несуперечливості даних.

Основним висновком дослідження є твердження про те, що одним з актуальних напрямків розробки програмного забезпечення є створення систем консолідованих даних на основі розподілених баз даних.

Література:

1. Зайцева Н.В., Яковенко В.С. Консолідація даних у бізнес-аналізі діяльності підприємств. *Глобальні та національні проблеми економіки*. 2015. Вип. 8. С. 1222-1227.

КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНА СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ КРИСТАЛІЗАЦІЙНИМ ВІДДІЛЕННЯМ ЦУКРОВОГО ВИРОБНИЦТВА

Красніков І.Л., Зарубіна А.В.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

Виробництво цукру є одним з найбільш складних і енерговитратних виробництв. Головним завданням в умовах високої конкуренції між виробниками є підвищення якості цукру при зниженні енергоспоживання та собівартості. Основним засобом досягнення поставлених цілей є модернізація систем автоматизації всіх стадій виробництва цукру. Сучасні системи управління цукровим виробництвом – це комп'ютерно-інтегровані системи, які об'єднують безліч контролерів та комп'ютерів в єдину інформаційну систему управління виробництвом.

Кристалізація – завершальний етап виробництва цукру. Мета кристалізації – виділити цукор, розчинений в сиропі у вигляді кристалів. Для отримання цукру високої якості необхідно використовувати системи управління, які враховують оперативну інформацію усіх стадій виробництва.

Комп'ютерно-інтегрованої системи управління кристалізаційним відділенням побудована на базі програмованих логічних контролерів відомої німецької фірми VIPA. Програмування контролерів здійснюється за допомогою програмного забезпечення WinPLC7 або SPEED7 Studio від VIPA. Також, для цих цілей можна використовувати STEP 7 або TIA Portal від Siemens. При повній програмній сумісності з продукцією Siemens вартість ПЛК VIPA 30 відсотків нижча.

Аналіз стану ефективності виробництва цукру показав, що «вузьким» місцем відділення кристалізації є вакуум-апарати, а ефективним методом підвищення їх продуктивності є використання сучасних приладів для їх автоматизації. Для вимірювання рівня обрано безконтактний ємнісний датчик CSN EC46B8, а для вимірювання вмісту сухих речовин в цукровому розчині запропоновано вдосконалений промисловий рефрактометр фірми «K-PATENS process instruments» (Фінляндія), що дозволяє ефективно вести процес в вакуум-апаратах при оптимальній температурі пари в гріючій камері.

Запропонована комп'ютерно-інтегрована система управління відділенням кристалізації дає можливість: знизити затрати на виробництво за рахунок мінімізації впливу людського фактору на процес; підвищити надійність системи автоматизації та знизити затрати на її функціонування; зменшити витрату пари і електроенергії, а також кількість води на пробілювання; підвищити якість готового продукту за рахунок своєчасного попередження про відхилення від норм технологічного регламенту; збільшити вихід цукру з вакуум-апарата і продуктивність відділення та заводу в цілому.

КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНА СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ ПАРОВИМ КОТЛОМ НА БАЗІ ПЛК SIEMENS

Красніков І.Л., Снурніков Д.В.

***Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків***

Метою даної роботи є модернізація парової котельної установки за рахунок впровадження сучасної системи автоматизації. Котельне обладнання як об'єкт управління є складною динамічною системою з великою кількістю взаємопов'язаних процесів. Управляти необхідно як основним агрегатом котельні – котлом типу ДКВР, так і допоміжним обладнанням, до якого відносять деаератор, насоси, ділянку хімводоочищення і т.п.

Запропонована система автоматизації котельної установки являє собою комп'ютерно-інтегровану систему, яка об'єднує підсистеми контролю і регулювання окремих технологічних процесів в єдиний інформаційний простір з надійним та зручним людино-машинним інтерфейсом. Обмін даними між підсистемами забезпечується інтерфейсом Industrial Ethernet.

Для нижнього рівня автоматизації були обрані сучасні датчики з уніфікованим сигналом 4-20мА. Для управління вентиляторами подачі повітря і димових газів в котлі замість традиційних шибєрів або напрямних апаратів були застосовані частотні перетворювачі. Це дозволило уніфікувати модулі програмованих логічних контролерів і значно зекономити на електроенергії.

Основою комп'ютерно-інтегрованої системи управління обрано новітнє сімейство контролерів Siemens Simatic S7-1500. Цей інноваційний програмований контролер є подальшим розвитком добре відомих програмованих контролерів Simatic S7-300 і S7-400. Основною перевагою контролеру Simatic S7-1500 є значний приріст продуктивності завдяки швидкій внутрішній шині, інтерфейсу PROFINET і найкоротшому часу відгуку. Зручна конструкція програмованого контролера і його модульність дозволяють його максимально адаптувати до вимог розв'язуваної задачі.

У комплекті з Simatic S7-1500 компанія Siemens поставляє єдине середовище розробки Simatic STEP 7 V13, яке базується на функціональних можливостях єдиного робочого середовища проектування Totally Integrated Automation Portal (TIA Portal). Розробка програм для контролера в пакеті STEP 7 V13, може виконуватися на мовах: релейної логіки (LAD), діаграм функціональних блоків (FBD) або структурованого тексту (SCL).

Впровадження запропонованої комп'ютерно-інтегрованої системи управління дозволить вирішити наступні задачі: знизити витрату палива, води і електроенергії за рахунок оптимізації роботи всього обладнання котельної установки; підвищити надійність роботи котельні та знизити ризик появи аварійних ситуацій; поліпшити умови праці персоналу, зменшити ризик людської помилки, мінімізувати вплив суб'єктивних рішень операторів на роботу котельні; збільшити ККД котельні і, як наслідок – загальну ефективність виробництва.

ПРО ПІДХІД ДО СТВОРЕННЯ ПРОГРАМНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ АНАЛІЗУ СТАНУ БДЖОЛОСІМЕЙ

Легкий Є.Г.

*Харківський національний університет радіоелектроніки,
м. Харків*

У наш час, сучасні технології торкнулися кожного ремесла. Але в менш популярних професіях, таких як бджолярство, технологічні покращення помітні значно менше. У період розвитку бджолосімей, бджолярам дуже важливо постійно стежити за розвитком сімей. Зазвичай у бджолярів ця проблема вирішується встановленням звичайних ваг, використання яких в такому випадку не дуже зручне.

Про стан бджолосім'ї, зазвичай, дізнаються вимірюючи вагу, температуру та вологість, але дані показники не можуть надати точні дані про стан бджолосім'ї, саме тому вимірюється різниця показників, а не точне значення. Ці дані не можуть надати точну інформацію про стан бджолосім'ї. Ще одним джерелом інформації про стан бджолосім'ї є звук, в залежності від стану бджолосім'ї, бджоли будуть генерувати певні частоти звуку, і всі ці частоти можна без перешкод і з мінімальними похибками збирати і аналізувати.

Додаток, що пропонується, вирішує головну проблему контролю розвитку бджолярства у період весняного розвитку бджолосімей - точний, швидкий, та дешевий аналіз стану бджіл. Оскільки всі існуючі аналоги зосереджені на підвищенні прибутку від підвищення ефективності медозбору, то їх технології не пристосовані для даних цілей. Додаток дає змогу отримати актуальні дані про стан бджолосім'ї в реальному часі. На основі зібраних даних, система має змогу передбачити поведінку бджолосім'ї на період від 3 до 14 днів. Головним фактором для прогнозування є погода.

Перевагою цієї системи є те, що зводиться до мінімуму огляд бджолиної сім'ї. Дуже часті, безпідставні, огляди бджолиних сімей можуть призвести до зниження продуктивності бджолосім'ї, переохолодження, хвороб, та втрати бджоломатки.

Отже було розглянуто залежності стану бджолосім'ї від змін звукових показників бджолосімей та можливість застосувати цю залежність при автоматизації догляду за бджолами. Було розроблено систему для автоматичного догляду за бджолиними сім'ями, основними даними для якого є звук, вага, температура та вологість. Дана система надає можливість доглядати за багатьма бджолосім'ями без ризику завдання шкоди та розповсюдження хвороб у весняний період, коли бджолосім'ї знаходяться у найслабшому стані.

ОРГАНІЗАЦІЯ ТЕСТУВАННЯ НА ОСНОВІ CLOUD ТЕХНОЛОГІЇ GOOGLE DRIVE

Ліньков О.С.¹, Пінчук Є.О.²

¹Національний технічний університет

«Харківський політехнічний інститут»,

²Харківський національний університет

повітряних сил імені Івана Кожедуба, м. Харків

В армії сучасного світу постає питання тестування на відстані. На сьогоднішній день для перевірки теоретичної підготовки військовослужбовців треба зробити низку операцій: відрядити до відповідної військової частини особу для перевірки, забезпечити її житлом на час відрядження та оплатити проїзд до місця відрядження за рахунок державних коштів. У військових ВНЗ курсанти часто не мають змогу перевіряти свою підготовку на заняттях з відповідних дисциплін через недостатню забезпеченість комп'ютерами у спеціалізованих аудиторіях, які мають відповідне програмне забезпечення для проходження потрібних тестувань, або з причини перебування у наряді.

Розглянуті питання визначають актуальність розгляду питання створення системи тестування знань на основі хмарних технологій, а саме таблиць Google Sheets для віддаленого тестування військовослужбовців.

Google Sheets – це програма електронних таблиць, що входить до складу безкоштовного веб-програмного пакету програмного забезпечення, пропонуваного компанією Google Drive [1]. Використовуючи дане програмне забезпечення військовослужбовець має можливість пройти тестування з потрібної тематики віддалено, використовуючи стаціонарний комп'ютер, ноутбук, планшет або телефон з підключенням до мережі Інтернет. Використання скриптів електронних таблиць дають можливість перевірити правильності відповідей і сформулювати оцінку знань з тематики тестування. При цьому результат буде доступний як для військовослужбовця, так і для перевіряючої особи. Таким чином, військовослужбовець має змогу перевіряти свої знання з відповідної тематики на відстані.

Тестування таким чином дає змогу зменшити час на перевірку знань військовослужбовців, що забезпечує більшу ефективність та швидкість навчання. Також, такий метод не відриває захисника країни від виконання службових обов'язків, а курсанту дає змогу більш ефективно використовувати час підготовки до занять, підвищувати рівень своїх фахових знань для кращої підготовки в сфері забезпечення обороноздатності держави.

Досліджуване програмне забезпечення є безкоштовним. Для проходження тестування необхідне виконання умов: доступ до мережі Інтернет, безкоштовний аккаунт Google, надання перевіряючою особою військовослужбовцю доступу до потрібного тесту.

Література:

1. Google Sheets / Режим доступу: <https://www.google.com/intl/uk/sheets/about/> - 04.03.2020.

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ДЕТЕРМИНИРОВАННЫХ ПРОБЛЕМНЫХ СИТУАЦИЙ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ БИЗНЕС СИСТЕМ

Лисицкий В.Л., Бойко М.О.

*Национальный технический университет
«Харьковский политехнический институт», г. Харьков*

Переход от «материальной» экономики, основанной на физическом труде, механизации, к «интеллектуальной» экономике, характеризующейся значительным повышением роли человеческого и социального капитала, инноваций, информации и знаний, творческой деятельности в различных сферах представляет собой глобальный структурный сдвиг, охватывающий все сферы и отрасли постиндустриальной экономики, изменяющий ее масштаб и динамику. В этих условиях возникла необходимость пересмотра старых методов, моделей управления и организации. В связи с этим, при когнитивном управлении интеллектуальными бизнес системами (ИБС), актуальной является их функциональная диагностика, предполагающая обнаружение, классификацию и идентификацию возникающих проблемных ситуаций (ПС). Поэтому в работе рассматривается задача идентификации детерминированных ПС в процессе функционирования ИБС. Объектом диагностики является ИБС, которая полностью зависит от умственных способностей персонала, владеющего новейшими информационными технологиями, которая производит интеллектуальную продукцию. Слепое применения методов диагностики производственных бизнес систем к ИБС может оказаться малоэффективным, так как для управления ИБС, как правило, используются методы когнитивного (основанного на знаниях) управления.

В качестве основы при когнитивном управлении используют технологию ситуационного управления, которая предусматривает принятие управленческих решений не в плановые сроки, а по мере выявления ПС. Принятия управленческих решений по преодолению ПС осуществляется «по аналогии» путем выполнения следующих этапов. 1. Идентификация ПС. 2. Поиск в базе прецедентов аналога – ПС, наиболее схожую по выбранным критериям с текущей ПС. 3. Выбор в базе прецедентов управленческого решения, адекватного текущей ПС. На первом этапе предлагается в качестве структурного описания ПС использовать двудольный граф G_0 , моделирующий бинарное отношение $R_0 \subset F_0 \times S_0$, где F_0 – множество существенных функциональных зон ИБС, S_0 – множество существенных компонент её стратегии. R_0 задает структуру проблемосодержащей среды, порожденной рассматриваемой ПС. На втором этапе подобие ПС определяется расстоянием между матрицами смежности вершин двудольных графов сравниваемых ПС. Разработана предметная технология идентификации детерминированных ПС интеллектуальной бизнес системы.

Полученные результаты могут быть использованы при создании информационной технологии функциональной диагностики существующих ИБС.

УПРАВЛІННЯ ЗАДАЧАМИ СПІВРОБІТНИКА ІТ-КОМПАНІЇ НА ОСНОВІ ТЕХНОЛОГІЇ БЛОКЧЕЙН

Літвінов Б.Р.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

Актуальність роботи полягає у необхідності удосконалення існуючого програмного забезпечення, призначеного для управління задачами співробітника ІТ-компанії. Задача цілісності вхідних і вихідних даних в останні роки стає дуже важливим фактором, тому що потрапляння приватної інформації третім особам може зашкодити репутації компанії та призвести до фінансових збитків [1].

Метою роботи є розробка алгоритмічного та програмного забезпечення для управління задачами співробітника ІТ-компанії на основі технології блокчейн для надання захисту та цілісності даних завдяки криптографічному шифруванню за допомогою хеш-функцій [2].

Для досягнення поставленої мети у роботі надано порівняльну характеристику сучасних конкурентних програм, проаналізовано їх загальну структуру, на основі чого виявлено шляхи вдосконалення їх адаптації для забезпечення шифрування вхідних та вихідних даних.

Відповідно до визначених недоліків в існуючих системах, запропоновано алгоритмічну модель хеш-сум на основі технології blockchain [3, 4]. Розроблено математичну модель симетричного шифрування на основі блочного шифру, який є різновидом симетричного шифрування. Такий підхід передбачає шифрування або розшифрування кожного блоку даних окремо, причому кожен біт в вихідному блоці залежить від кожного біта в відповідному вхідному блоці, але не від інших бітів. Впровадження такого механізму дозволить не лише контролювати час роботи співробітника над проектом та його загальну зайнятість у компанії, але й забезпечити достовірність таких даних і відсутність їх витoku.

Таким чином, у роботі запропоновано рішення для реалізації управління задачами працівника, яке дозволить швидко та зручно створювати або редагувати поточні задачі працівником з шифруванням вхідних та вихідних даних користувача, на основі технології blockchain.

Література:

1. Столлингс, В. Криптография и защита сетей: принципы и практика: Вильямс, 2001 - 698 с.
2. Бабенко, Л. К. Современные алгоритмы блочного шифрования и методы их анализа / Л.К. Бабенко, Е.А. Ищукова. - М.: Гелиос АРВ, 2006. - 376 с.
3. Boyen, X., Carr, C., Haines, T. – Blockchain-Free Cryptocurrencies. A Rational Framework for Truly Decentralised Fast Transactions / Xavier Boyen, Christopher Carr, Thomas Haines, 2006, p.356.
4. Satoshi Nakamoto. Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System. URL: <https://bitcoin.org/bitcoin.pdf>.

ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ПЛАНУВАННЯ РЕАЛІЗАЦІЇ ІНВЕСТИЦІЙНИХ ПРОЕКТІВ ОРГАНІЗАЦІЇ

Лобач О.В.¹, Бабич І.І.², Косенко В.В.³, Персіянова О.Ю.³

¹Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», ²LineUpLLC, , ³Державне підприємство «Південний державний проектно-конструкторський та науково-дослідний інститут авіаційної промисловості», м. Харків

В роботі розглядається питання розробки прикладної інформаційної технології підтримки прийняття рішень при плануванні оптимального варіанту реалізації та управління інвестиційними проектами розвитку організацій.

Інформаційна технологія, що пропонується, базується на поєднанні в рамках єдиного інформаційного середовища моделі та методу планування реалізації та фінансування інвестиційних проектів [1] та методу комплексного оцінювання компетентності експертів [2].

Двоетапний метод комплексного оцінювання компетентності експертів базується на поєднанні в комбіновану оцінку методів евристичної, тестової та статистичної оцінки. Введення його до складу інформаційної технології дозволить провести якісний відбір спеціалістів для участі в роботі експертних груп, що займаються плануванням інвестиційних проектів, та сформувати якісні параметри джерел фінансування та варіанти їх відбору в залежності від обмежень, допущень та специфіки реалізації конкретного проекту.

Сформовані за допомогою експертної підсистеми вихідні дані в подальшому використовуються в підсистемі планування інвестиційного проекту для розрахунку його оптимального варіанту реалізації.

Програмна реалізація здійснена у вигляді клієнт-серверного веб-застосунку за допомогою мови програмування C# та фреймворку ASP.NETMVC. База даних реалізована за допомогою реляційної СУБД Microsoft SQL Server.

Розроблена прикладна інформаційна технологія є актуальною для використання на різноманітних підприємствах, установах та організаціях, які зацікавлені в автоматизації процесу експертного опитування, побудови якісних експертних груп, формування експертних критеріїв оцінки проектів, вибору оптимального варіанту їх фінансування та реалізації.

Застосування запропонованої інформаційної технології підтримки прийняття рішень на етапі планування інвестиційного проекту дозволить приймати обґрунтовані рішення щодо вибору способу інвестування в залежності від основних факторів проекту та об'єкту інвестування.

Література:

1. Kosenko, V. (2018), "Decision support system in planning investment projects", Innovative Technologies and Scientific Solutions for Industries, No. 4 (6), P. 113-119. DOI: <https://doi.org/10.30837/2522-9818.2018.6.113>.
2. Lobach, O., Babych, I., Persyanova, E. (2018), "Information technology for the integrated assessment of expert competency", Innovative Technologies and Scientific Solutions for Industries, No. 3 (5), P. 44-56. DOI: <https://doi.org/10.30837/2522-9818.2018.5.044>.

ФОРМУВАННЯ ЕКСПЕРТНИХ КОМІСІЙ ЩОДО ОЦІНЮВАННЯ ЗАСТОСОВНОСТІ МЕТОДОЛОГІЙ УПРАВЛІННЯ ПРОЕКТАМИ

Луценко С.Ю.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

Результати досліджень [1] доводять, що методологія управління проектом має суттєвий вплив на успіх даного проекту. Для рішення задачі вибору такої методології було запропоновано метод вибору підходу до управління проектами на основі нечітких уявлень [2]. Метод спирається на експертні оцінки застосовності найбільш поширених методологій управління проектами у певних умовах проекту. Оскільки остаточний вибір методології залежить від експертних оцінок, задача формування експертних комісій щодо оцінювання застосовності методологій управління проектами є критично важливою.

Для рішення поставленої задачі було адаптовано підхід до формування експертних комісій, викладений у [3]. Даний підхід передбачає виконання чотирьох етапів, перелічених нижче.

Етап 1. Вибір раціональної кількості членів експертної комісії. Для кожного підходу формується власна експертна комісія (один і той самий експерт може входити до складу декількох експертних комісій). Кількість експертів кожної з експертних комісій має бути від 11 до 21 особи[3].

Етап 2. Створення загального списку можливих кандидатів до складу експертної комісії. Для виявлення потенційних кандидатів можуть бути застосовані такі професійні соціальні мережі як LinkedIn та ResearchGate.

Етап 3. Формування попереднього списку членів експертної комісії та оцінювання рівня їхньої компетентності. У даному випадку рівень компетентності експертів, які увійшли до попереднього списку, оцінюється за критеріями: наявність сертифікату, що підтверджує володіння підходом; досвід роботи за даним підходом; самооцінка рівня володіння підходом; оцінка рівня володіння експерта підходом з боку компетентних колег.

Етап 4. Формування остаточного списку членів експертної комісії та оцінювання загального рівня її компетентності.

Література:

1. Joslin R., Müller R. The impact of project methodologies on projectsuccess in different project environments. International Journal ofManaging Projects in Business. 2016. No. 9 (2). P. 364–388. DOI:10.1108/IJMPB-03-2015-0025
2. Kononenko I.V., Lutsenko, S.Yu. Method for selection of project management approach based on fuzzy concepts. Bulletin of NTU "KhPI". Series: Strategic management, portfolio, program and project management.2017. 2(1224). 8–17. DOI: 10.20998/2413-3000.2017.1224.
3. Шостак О. І. Розробка підходу до формування експертних комісій щодо оцінювання складу команд виконавців високотехнологічних проектів // Технологический аудит и резервы производства. 2016. № 4(2). С. 20-25. Режим доступа: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Tatrv_2016_4\(2\)_4](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Tatrv_2016_4(2)_4).

ОСОБЛИВОСТІ ОЦІНКИ ЯКОСТІ ТЕСТУВАННЯ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ МОБІЛЬНИХ ПЛАТФОРМ

Лютенко І.В., Курасов О.І.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

На сьогоднішній момент велика кількість послуг надається за допомогою мобільних додатків, які дозволяють споживачу формулювати власні потреби та керувати їх обробкою зі сторони постачальника послуг. У цій взаємодії мобільний додаток стає незамінним компонентом, але кожний недолік програмного забезпечення може призвести до погіршення користувацького досвіду та навіть до зупинки бізнес-процесів, що має серйозні фінансові та репутаційні втрати. Дані умови роблять контроль тестування програмного забезпечення пріоритетною задачею, в якісному виконанні якої зацікавлені як спеціалісти команди-розробника, так і власники програмного продукту. Наявність певної оцінки якості дозволяє розробникам швидше аналізувати вади тестування, а власникам проекту – запобігати збитків під час нових релізів.

У загальному огляді, оцінювання якості тестування ПЗ можна оцінити за його ефективністю відносно кожного нового релізу (ефективність регресійного тестування), щільністю тестування (покриття функціональних та нефункціональних вимог, програмних модулів), якістю побудови програмно-базованих тестів разом зі ступенем автоматизації тестування. Для тестування ПЗ мобільних систем, підхід до оцінки якості змінюється через специфіку роботи мобільних пристроїв. Для забезпечення щільного тестування необхідно враховувати розмаїття апаратних платформ та операційних систем, їх сполуки.

Для зручності аналізу поточної якості тестування пропонується визначення інтегрального показника якості з використанням теорії нечіткої логіки. Даний підхід дозволяє використовувати якісні показники (лінгвістичні змінні), що отримуються шляхом фазифікації значень чисельних метрик. Дані терми використовуються для формування правил нечіткого виведення. Опираючись на використання простих для сприйняття термів, можна побудувати набір правил логічного виведення. Для цього необхідно побудувати ієрархічну систему показників якості. Кожен елемент ієрархії нижчого рівня представляє собою показник якості із груп ефективності, щільності покриття та якості реалізації. За допомогою правил можливо вивести значення лінгвістичної змінної для узагальненого показника, який відповідає одній з трьох вище вказаних компонент якості тестування. Значення інтегрального показника формується аналогічним чином за допомогою інших правил виведення та значень підлеглих узагальнених змінних.

Висока якість процесу тестування ПЗ може забезпечити високий рівень його загальної якості. Пропонований підхід дозволяє отримати інтуїтивно зрозумілу оцінку якості поточного процесу тестування та швидше прийняти рішення про його подальше поліпшення.

Окрім оцінювання якості тестування мобільних систем, методика з використанням нечіткого логічного виводу може бути застосована для інших видів програмного забезпечення.

ОБРАБОТКА СИГНАЛОВ В БЕСПРОВОДНЫХ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ

Марчук А.М., Марчук О.М.

Государственный университет телекоммуникаций, г. Киев

В работе рассмотрены вопросы: беспроводные технологии, принципы построения беспроводных телекоммуникационных систем, обработка сигналов.

Беспроводные технологии — подкласс информационных технологий, служат для передачи информации на расстояние между двумя и более точками, не требуя связи их проводами. Для передачи информации может использоваться инфракрасное излучение, радиоволны, оптическое или лазерное излучение [1].

Обработка сигналов - отрасль схемотехники, электротехники и прикладной математики, которая исследует теорию преобразования как цифровых, так и аналоговых сигналов, которые являются переменными во времени или пространстве физическими величинами. Это могут быть такие сигналы как звук, электромагнитное излучение, изображения, показания датчиков, сигналы систем управления, телекоммуникационные сигналы и другие. Направление обработки сигналов зависит от их природы: аналоговая обработка сигналов, цифровая обработка сигналов, статистическая обработка сигналов, обработка звука, распознавание речи, обработка изображений, обработка видео.

Сигналы представленные с учетом временной дискретизации и уровневого квантования называют цифровыми. Цифровая обработка сигналов — метод обработки информации на основе численных методов с использованием цифровой вычислительной техники [2]. Сейчас большой интерес несет вейвлет-анализ и синтез сигналов по новому математическому базису «коротких волночек» — вейвлетов. Его используют для обработки нестационарных сигналов, сигналов с разрывами и иными особенностями, сигналов в виде пачек.[3]

Аналоговая обработка осуществляется для сигналов, которые не преобразовано к цифровому виду. Примерами есть классический радиоприемник (детектирования, преобразования частоты), радар, аналоговое телевидение. Электрические цепи, задействованные в обработке аналоговых сигналов, могут быть как линейными (пассивные и активные фильтры, интеграторы, линии задержки), так и нелинейными (преобразования частоты, перемножения сигналов, работа фильтров и усилителей, контролируемых напряжением).

Литература:

1. Технологии / режим доступа: <https://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/620016>
2. Цифровая обработка сигналов / режим доступа: https://www.wikiwand.com/ru/Цифровая_обработка_сигналов
3. Генерация и генераторы сигналов/ Дьяконов В.П– М. : ДМК Пресс, 2009. – 384 с.

ІНТЕГРОВАНІ ПОСЛУГИ INTSERV

Михайлюк В.В.

Державний університет телекомунікацій, м. Київ

Архітектура інтегрованих послуг IntServ з'явилася у 1994 році у відповідь на необхідність у модифікації інфраструктури Internet. Термін «Інтегровані послуги» відноситься до загальної архітектури QoS, розробленої IETF. Структура IntServ, спрямована на надання гарантій QoS для окремих сеансів застосування. IntServ визначає ряд класів обслуговування, розроблених для задоволення потреб та також вказує різні протоколи сигналізації. Мережа інтегрованих послуг забезпечує сервіс, орієнтований на потік, використовуючи м'яку комунікацію, орієнтовану на з'єднання у поєднанні з існуючою найкращою послугою. IntServ забезпечує кінцеве рішення QoS шляхом кінцевої сигналізації, підтримання стану (для кожного потоку та резервування RSVP) та контролю надходженням на кожен елемент мережі.

Реалізація моделі IntServ згідно з RFC 1633 вимагає наявності в маршрутизаторі таких функціональних блоків :

- класифікація (ідентифікація) потоків даних з метою визначення їхньої належності певному класу обслуговування;
- механізм обслуговування черги;
- управління доступом до ресурсів мережі;
- механізм резервування ресурсів.

RSVP - протокол сигналізації IntServ, який використовується для подання запитів на QoS за допомогою службових класів IntServ. Протокол дозволяє системам надсилати запит про гарантовану пропускну здатність каналу, передбачувану затримку, максимальний рівень втрат. Але резервування виконується лише в тому випадку, якщо є необхідні ресурси. RSVP має переваги, які включають його адаптаційний характер у м'якому стані, гнучкість приймача, що ініціює резервування та можливість об'єднати запити на резервування. IntServ вимагає мережевих елементів, таких як маршрутизатори та комутатори, щоб виконувати такі функції, як контроль прийому, який перевіряє, чи є достатньо ресурсів для задоволення запиту QoS. Якщо ресурсів мало, запит на QoS відхиляється. Головною перевагою даної моделі є забезпечення гарантій щодо якості обслуговування: аплікація отримує той обсяг ресурсів, який їй необхідний, не менше і не більше. Крім того, це сприяє ефективному використанню ресурсів мережі.

Література:

1. Архітектура інтегрованих послуг [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://works.doklad.ru/view/96PoyIp1aLU.html>
2. Модели качества обслуживания IntServ и DiffServ [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://iptcp.net/modeli-kachestva-obslyuzhivaniya-intserv-i-diffserv.html>
3. Технология IntServ [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://helpiks.org/5-18533.html>

ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПІДТРИМКИ СТРАХУВАННЯ НА ПІДСТАВІ СМАРТ-КОНТРАКТУ

Мокляк Я.О.

Харківський національний університет радіоелектроніки, м. Харків

Глобальний страховий ринок перебуває у стані пошуку нових підходів, технологій і бізнес-моделей. Впроваджуючи сучасні інформаційні рішення до свого бізнесу, страхова компанія підтримує свою конкурентоспроможність, зменшує витрати. Використання гнучких моделей допомагає мінімізувати або усунути ручну роботу, яка виникає в результаті застарілих процесів.

На сьогодні, клієнти страхових компаній хочуть мати продукт, головними характеристиками якого були б: захищеність, прозорість і актуальність. Прикладом такої компанії на ринку страхових послуг може служити американська компанія Lemonade, яка запровадила штучний інтелект в модуль розрахунку премії страхового поліса. При видачі страхових полісів Lemonade використовує великі дані для прогнозування ризиків та кількісної оцінки втрат.

Смарт-контракт, як набір угод у блокчейні, знаходить застосування у сфері страхових послуг, оскільки більшість процедур і подій страхового договору можна описати програмними функціями. Таким чином виникає потреба розробки програмного забезпечення з підтримкою смарт-контрактів у сфері страхування.

Написання коду смарт-контракту для блокчейну Ethereum здійснюється за допомогою мови програмування Solidity. Представляємо головні сутності страхового договору і їх відносини в структурі ключ-значення. Прикладом такої структури відносин є ідентифікатор контракту та адреса гаманця страхувальника. Для можливості відстеження всіх подій контракту зовнішніми системами, створюємо event на кожну важливу подію страхового договору та підписуємося на неї. Так, наприклад, збуджується подія початку дії договору при появі транзакції на оплату страхової премії.

Функціональна частина смарт-контракту починається з поділу доступів до функцій за допомогою модифікаторів, в яких зазначаємо спосіб перевірки доступу. Попередньо необхідно визначити адресу гаманця страховика, страхувальника і будь-якого іншого актора системи у відповідних структурах даних смарт-контракту. Найбільш важливими функціями з токи зору страхування є функції виплат криптовалюти згідно зі страховими правилами (виплати за страховими претензіями, завершення дії контракту тощо). До функції смарт-контракту можна звернутися ззовні, позначивши її як public або external. Якщо наша система має тришарову архітектуру, то взаємодія зі смарт-контрактом може бути здійснено, як і зі шару представлення, так і з бізнес шару.

На основі даного підходу, була спроектована і розроблена веб-система підтримки страхування на основі смарт-контракту, яка надає новий підхід у сфері страхування та забезпечує основний механізм роботи стандартного процесу надання страхових послуг.

ОБҐРУНТУВАННЯ ТА РОЗРОБКА СИСТЕМИ ОБЛІКУ ТА КОНТРОЛЮ РОЗПОДІЛУ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ

Науменко І.В.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,
м. Харків*

Актуальність роботи пов'язана з необхідністю вирішення екологічних проблем сучасного суспільства шляхом знешкодження та утилізації відходів, кількість котрих постійно збільшується під впливом зростання міського населення, покращення умов життя та інших факторів.

Несвоєчасне вилучення відходів погіршує санітарний стан населених пунктів, може стати причиною виникнення хвороб та епідемій. Разом із тим відходи є джерелом вторинних ресурсів, що зумовлює необхідність наукового підходу до вибору засобів їхнього знешкодження і утилізації [1].

Метою роботи є розробка алгоритмічного та інформаційного забезпечення для системи обліку та контролю розподілу побутових відходів для її подальшого використання на комунальних та приватних підприємствах, що дозволить автоматизувати процес управління побутовими відходами в Харківській області.

Згідно з європейським досвідом, розмір і кількість сміттєзвалищ можуть бути значно зменшені шляхом переміщення частини побутових відходів на переробні заводи з попереднім їх сортуванням.

У цьому випадку постає задача ефективного розподілу відходів з місць сортування на місця розподілу або переробки, яку у даній роботі пропонується вирішити шляхом побудови інформаційної системи на основі алгоритму Данцига [2], який дозволяє знайти найкоротші шляхи між усіма точками збору сміття.

Побудова маршруту, згідно розробленого алгоритму, передбачає забір даних з контейнерів для збору сміття стосовно їх наповненості, автоматичне формування маршруту забору і розподілу відходів відповідно до специфіки вмісту контейнеру, затвердження маршруту та передача його водієві.

Таким чином, у роботі було спроектовано алгоритмічне та інформаційне забезпечення для системи обліку та контролю розподілу побутових відходів, яке дозволить будувати найкоротший маршрут для забору сміття.

Література:

1. Хоменко І. О. Проблеми та напрями переробки твердих побутових відходів в Україні / І. О. Хоменко, Л. В. Бабаченко, Я. В. Падій // Збірник Мукачівського державного університету. – №12. – 2017. – С.454-458.
2. Корбут А.А., Финкельштейн Ю.Ю. Дискретное программирование. – М.: Наука, 1969. — 368 с.

ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ЗВУКОЛОКАЦІЙНОГО МОНІТОРИНГУ НАЗЕМНОГО ТРАНСПОРТУ ТА БПЛА

Орлов В.В.

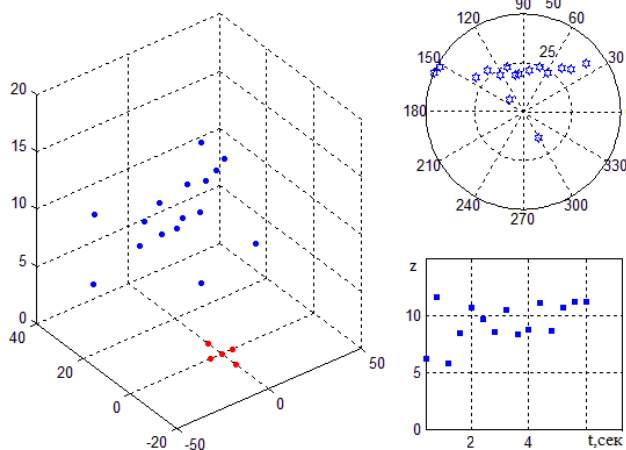
Військова академія, м. Одеса

На сьогодні спостерігається стрімке застосування безпілотних наземних транспортних засобів та літальних апаратів (БПЛА). При цьому висока маневреність, мала помітність та невеликі габарити породжують проблему їх оперативного виявлення. Це, в свою чергу, вимагає вдосконалення різноманітних дистанційних засобів моніторингу рухомих об'єктів (РО). Так, наприклад, низька ефективність виявлення малих БПЛА радіолокаційними станціями, зумовлена малою відбиваючою поверхнею та низькою висотою польоту. Засоби відеоконтролю також малоефективні внаслідок зміни прозорості атмосфери, невизначеності даних щодо напрямку, висоти та часу появи БПЛА. Удосконалення звуколокаційних пасивних систем, які захищені від засобів радіоелектронної боротьби, є перспективним напрямом моніторингу РО.

Мета роботи – розробка інформаційної технології звуколокації, та дослідження потенційних можливостей для визначення координат наземного транспорту, БПЛА та інших джерел звукових сигналів у тривимірному просторі.

Акустичні сигнали імпульсного та безперервного характеру надходять з решітки датчиків (що містить 5 мікрофонів, які рознесені на 3 метри) у пристрій багатоканального введення даних, а потім у комп'ютер через USB інтерфейс. Розроблена інформаційна технологія обробки сигналів включає подальші операції виявлення, розпізнавання (безперервні сигнали від БПЛА, колісного і гусеничного транспорту, та імпульсні сигнали від різних механізмів ударного типу), визначення координат та супроводження цілей в реальному часі. Далі, за командою оператора, спостерігачам передаються координати розпізнаної цілі для супроводу оптичними засобами спостереження. Алгоритм

визначення координат у 3D-просторі заснований на розрахунках часових затримок сигналів, що надходять на датчики від джерел випромінювання. На рисунку наведені візуалізації траєкторії руху БПЛА (в 3D-просторі, полярній системі координат і висотоміра). Рух цілі проводився зі швидкістю 15 м/с, горизонтально, по прямій лінії ($X=-40...40$ метрів, $Y=20$ метрів) на висоті $Z=10$ метрів від центру решітки датчиків.



Встановлено, що для контрольованої зони 500 метрів похибки оцінки визначення координат рухомого джерела звуку може досягати до 10 метрів. Зміна дальності призводить, приблизно, до пропорційної зміни похибки оцінки.

МОДЕЛЮВАННЯ АРХІТЕКТУРИ ПІДПРИЄМСТВА НА ОСНОВІ ВИЛУЧЕННЯ ДАНИХ ПРО БІЗНЕС-ПРОЦЕСИ

Орловський Д.Л., Копп А.М.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

Сучасні фреймворки архітектури підприємства (EA, Enterprise Architecture) визначають архітектурний ландшафт (AL, Architecture Landscape) як засіб відображення артефактів EA, які плануються або вже використовуються на підприємстві. До складу AL відносяться моделі поточної архітектури всього підприємства. Такі моделі стосуються бізнес-процесів, застосувань і даних, а також технічної інфраструктури підприємства. Звичайно, зміст AL постійно змінюється та розвивається в міру того, як відбувається трансформація EA [1].

Збір інформації про усі найбільш значущі архітектурні артефакти та їх підготовка до представлення відповідно до архітектурного фреймворку, що використовується, може бути довгостроковим та достатньо витратним проектом. Проте, підприємства, які практикують концепцію управління бізнес-процесами (BPM, Business Process Management), зазвичай ведуть підтримку колекцій моделей своїх бізнес-процесів, що використовуються в ролі бази знань для їх поточної діяльності та управлінських потреб [2].

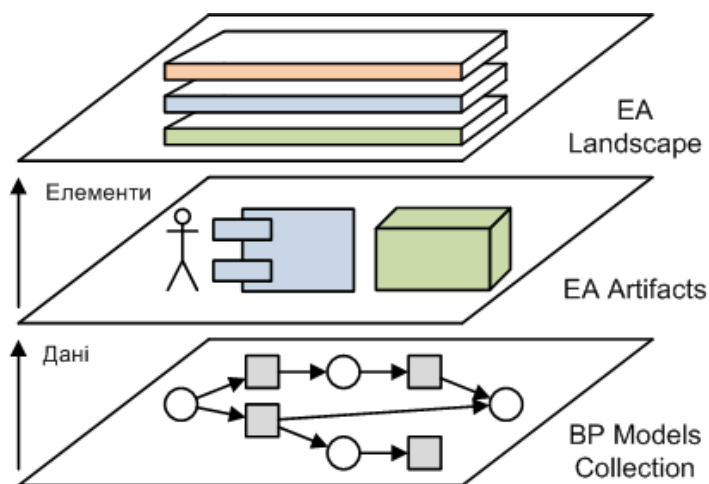


Рис. 1. – Вилучення даних з моделей бізнес-процесів для підтримки моделювання архітектури підприємства

Тому в даній роботі пропонується ідея вилучення даних про елементи EA з колекції моделей бізнес-процесів з метою підтримки моделювання архітектури підприємства, зокрема для побудови архітектурного ландшафту (рис. 1). Обробка колекції моделей бізнес-процесів надасть змогу вилучити дані про бізнес-процеси та бізнес-функції, відповідні входи та виходи, учасників бізнес-процесів, а також події, які спричиняють їх виконання. Передбачається, що такий підхід дозволить заощадити витрати та скоротити час і зусилля на збір інформації про архітектуру підприємства. Отриманий архітектурний ландшафт дозволить оцінити зусилля (наприклад, на основі розрахунку Propagation Cost), необхідні для підтримки та трансформації EA впродовж розвитку підприємства.

Література:

1. Desfray P. Modeling Enterprise Architecture with TOGAF: A Practical Guide Using UML and BPMN / P. Desfray, G. Raymond // Morgan Kaufmann, 2014.
2. Dijkman R. Similarity of business process models: Metrics and evaluation / R. Dijkman et. al. // Information Systems, 2011. – Vol. 36. – No. 2. – P. 498–516.

АРХІТЕКТУРА ІНФОРМАЦІЙНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ПІДТРИМКИ МОНІТОРИНГУ ТА АНАЛІЗУ СТАНУ ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ

Орловський Д.Л., Копп А.М., Білоус І.С.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

Профілактичне обслуговування (predictive maintenance) обладнання в наш час потребує змін відповідно до вимог концепції індустрії 4.0 (Industry 4.0), а саме, з'являється необхідність в управлінні знаннями та даними підприємства з метою покращення результатів заходів щодо профілактичного обслуговування обладнання.

Predictive maintenance має на меті моніторинг стану, аналіз даних та прогнозування відмов, що збільшує тривалість роботи та загальну ефективність усього обладнання. Архітектура такого рішення передбачає збір даних з IoT-сенсорів (internet of things, інтернет речей) та їх подальше збереження до бази даних, після чого дані аналізують та, в разі необхідності, планують заходи з обслуговування обладнання [1].

Згідно з такою концепцією була розроблена база даних та програмне рішення для підтримки моніторингу та аналізу стану електричного обладнання (рис. 1). В основі даного рішення – СУБД (система управління базами даних) Microsoft SQL Server Express, серверне веб-застосування на основі Java-фреймворку Spring Boot та клієнтське веб-застосування на основі AngularJS з використанням Bootstrap 4 (табл. 1). Це рішення створене на базі REST (Representational State Transfer) архітектури, його веб-API (application programming interface) застосовується як для роботи веб-застосування, так і для отримання даних з IoT-сенсорів.

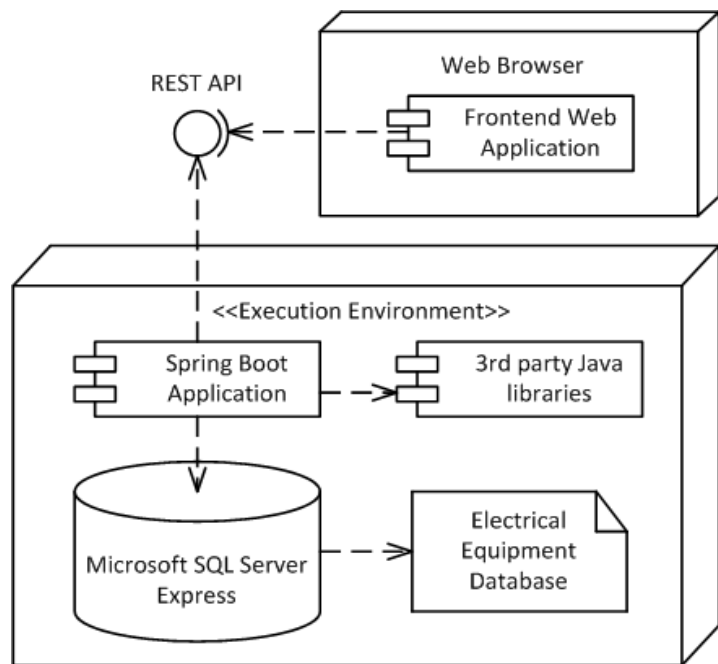


Рис. 1. – Архітектура програмного рішення

Табл. 1 – Основні архітектурні компоненти

Компонент	Опис
Electrical Equipment Database	База даних електричного обладнання, його випробувань та ремонту
Microsoft SQL Server	Реляційна СУБД для роботи з базою даних обладнання
Spring Boot Application	Веб-застосування на базі фреймворку Spring Boot
3rd party Java libraries	Сторонні Java-бібліотеки (jdbc-driver, sql2o тощо)
Frontend Web Application	Клієнтське веб-застосування на основі технологій AngularJS та Bootstrap 4

Література:

1. Ustundag A. Industry 4.0: Managing The Digital Transformation / A. Ustundag, E. Cevikcan // Springer, 2017. – 286 p.

ПІДТРИМКА ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ЩОДО ПЛАНУВАННЯ ВИТРАТ НА ОБСЛУГОВУВАННЯ ЕЛЕКТРИЧНОГО ОБЛАДНАННЯ

Орловський Д.Л., Копп А.М., Литвинова В.С.

Національний технічний університет

«Харківський політехнічний інститут», м. Харків

Електричне обладнання, як і будь-яке інше обладнання, схильне до відмов, що можуть трапитися будь-коли. Профілактичне обслуговування (predictive maintenance) дозволяє знизити негативні наслідки відмов обладнання на основі обробки даних, отриманих з IoT-сенсорів (IoT – Internet of things, інтернет речей), для визначення трендів, що зазвичай передують появі відмов різних видів [1].

Середній час на відновлення (MTTR, mean time to repair) треба розраховувати для припущення про витрати на налагодження або заміну обладнання. MTTR може доповнити дані моніторингу та є корисним при плануванні витрат на обслуговування обладнання.

Відмови електрообладнання (трансформатори, вимикачі, реле, кабелі тощо) найчастіше виникають через порушення ізоляції, яка є основою надійності електричного обладнання [2]. Отже, процедура на рис. 1 дозволить визначити MTTR для усунення проблем з ізоляцією та/або інших несправностей на наступний період. Для прогнозування були використані базові моделі на основі ковзного середнього, експоненційного згладжування, а також лінійної регресії (рис. 1).

Табл. 1 – Результати прогнозування MTTR

Результат	Ковзне середнє	Експоненційне згладжування	Лінійна регресія
MTTR	4.84	4.43	4.42
Помилка	6.34%	8.52%	8.39%

Дані відмов [3] були попередньо згруповані за датою та розраховані MTTR за кожним місяцем спостереження. На основі MTTR за 12 місяців з 2018 по 2019 рік були визначені значення MTTR на наступний період, а також значення помилки (табл. 1). Обробка даних та обчислення реалізовані засобами мови R та бібліотеки RSQLite (для обробки даних з CSV-файлу за допомогою SQL-запиту). Найбільшу точність демонструє модель розрахунку прогнозних значень на основі ковзного середнього (табл. 1).

Література:

1. Dastbaz M. Industry 4.0 and Engineering for a Sustainable Future / M. Dastbaz, P. Cochrane // Springer, 2019. – 235 p. 2. Gill P. Electrical Power Equipment Maintenance and Testing / P. Gill // CRC Press, 2016. – 1000 p. 3. Machine Failure Report // URL: <https://www.kaggle.com/khsamaha/machine-failure-alarm>

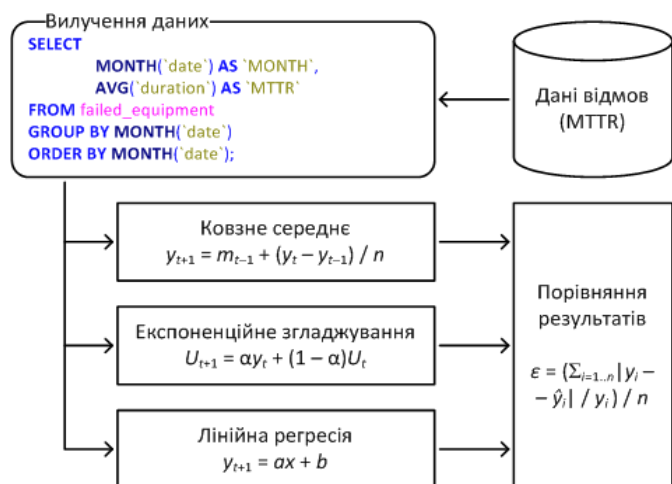


Рис. 1. – Процедура прогнозування середнього

ІНФОРМАЦІЙНА ПІДТРИМКА МОНІТОРИНГУ СТАНУ ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ НА БАЗІ КОНЦЕПЦІЙ ІНДУСТРІЇ 4.0 ТА ІОТ

Орловський Д.Л., Копп А.М., Сизонова К.Г.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

Концепція індустрії 4.0 та технологія IoT (internet of things, інтернет речей) надають чудову можливість для профілактичного обслуговування (predictive maintenance) електричного обладнання. Цінність predictive maintenance полягає у попередженні про відмови обладнання, перш ніж це трапиться, що дозволяє вжити попередніх негайних дій. Накопичені статистичні дані, отримані з IoT-сенсорів, розміщених на обладнанні, включають записи про вихід обладнання з ладу та причини і умови, за яких це сталося. На основі алгоритмів машинного навчання у даних моніторингу можуть бути розпізнані стани обладнання або навколишнього середовища, що зазвичай передують відмовам. Коли такі стани виявляються, відповідальні за обслуговування обладнання сповіщаються через панелі індикаторів (рис. 1) [1].

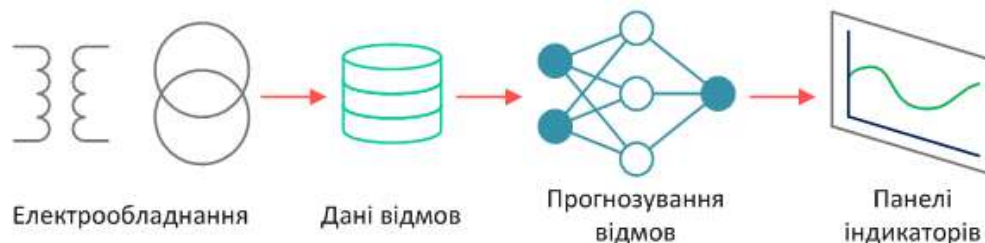


Рис. 1. – Профілактичне обслуговування обладнання в умовах індустрії 4.0

Електричне обладнання схильне до відмов у будь-який час незалежно від його типу. Отже, було розроблено модель даних (рис. 2) для підтримки моніторингу стану та прогнозування відмов електричного обладнання, що належить до різних типів: вимикачі, трансформатори, елементи ЛЕП (лінії електропередачі) тощо.

Сутність «equipment_type» – тип обладнання, до якого належать певні групи властивостей «property_group» та суто властивості «property». Даним про моделі електрообладнання відповідає «equipment», екземпляри визначаються на основі «equipment_instance». Дані, отримані з IoT-сенсорів, зберігаються на основі відношення між «indicator» та «record» – записи, що відповідають результатам моніторингу.

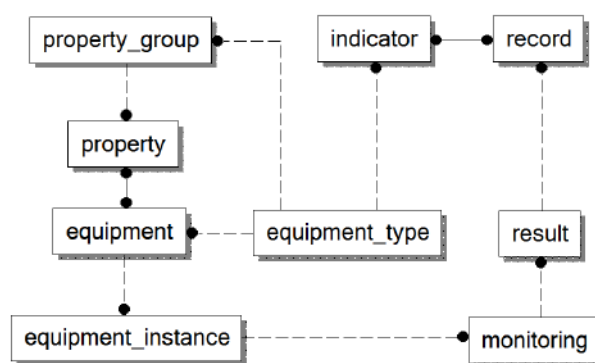


Рис. 2 – Фрагмент моделі даних щодо моніторингу стану електрообладнання різних типів

Література:

1. Dastbaz M. Industry 4.0 and Engineering for a Sustainable Future / M. Dastbaz, P. Cochrane // Springer, 2019. – 235 p.

ІНФОРМАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ УПРАВЛІННЯ

^{1,2} Петришин Л.Б., ² Петришин М.Л.

¹ *Науково-технологічний університет*

“AGH University of Science and Technology” Krakow, Poland

² *Державний вищий навчальний заклад*

*«Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника»,
м. Івано-Франківськ*

Актуальність підвищення ефективності управління розосередженими системами вимагає застосування інформаційних технологій, що забезпечують відображення стану системи та процесів управління системою в режимі реального часу. Аналіз і візуалізація процесів управління дозволяє уникнути психологічного бар'єру і непорозумінь між клієнтом і розробником інформаційної системи, а також знизити затрати на розробку, впровадження та обслуговування таких складних систем.

Метою проекту є розробка інформаційних моделей системи управління реляціями з клієнтами на основі проектної документації на замовлення кінцевого користувача. Здійснено аналіз структури підприємства, визначено проблеми дослідження та запропоновано шляхи вирішення, конкретизацію процесів та функціональних і нефункціональних вимог.

Новизна роботи полягає у представленні техніки системного аналізу, згідної з міжнародними стандартами, яка, при її впровадженні в процес інформаційного моделювання систем, забезпечує візуалізацію процесів управління та спрощує розуміння їх укладу та перебігу.

Практичний аспект полягає в комплексному аналізі структури та перебігу процесів управління, уникненні непорозумінь при формулюванні завдання та забезпеченні вимог замовника, а також зниженні затрат на створення та експлуатацію систем управління.

Здійснимо аналіз спрощеного прикладу системного процесового аналізу згідно сформульованих вимог при моделюванні розподіленої системи управління з метою спрощення та полегшення потенційному клієнтові виконання замовлення відповідно до його потреб.

Проблематика дослідження полягає в тому, що клієнти не володіють відповідним рівнем знань про технологічний процес, тому вони не завжди в стані здійснити замовлення, яке можливо виконати в потрібній якості.

Вирішення вказаного обмеження полягає у впровадженні інформаційного забезпечення, яке дозволить клієнтам та працівникам відділу підготовки до виконання замовлення спільно опрацьовувати остаточну версію, переглядаючи файли, вносячи зміни, приймаючи версії та аналізуючи коментарі.

Впровадження розробленої системи дозволило підвищити якість обміну інформацією між замовниками, окремими підрозділами та перейти до електронної системи управління. Впровадження змін у систему призвело до підвищення конкурентоспроможності компанії, а функціональність системи адаптовано до ринкових вимог.

ПРИНЦИПИ ФОРМУВАННЯ РЕЙТИНГОВОЇ ОЦІНКИ СТУДЕНТА

Прокопенков В.П., Кожин Ю.М.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,
м. Харків*

Мета вивчення кожної дисципліни – отримання студентом знань передбачених програмою навчання дисципліни. Учбовий час дисципліни включає аудиторне теоретичне (лекції) та практичне навчання (практичні заняття, лабораторні роботи, індивідуальне завдання, курсову роботу та ін.) і час на самостійну роботу. Для поточного контролю навчання студента викладачем проводяться контрольні роботи та виставляються оцінки за видами роботи. Оцінка з кожного виду роботи виставляється незалежно за стобальною шкалою згідно ЄКТС. Підсумковий контроль може передбачати або залік або іспит.

В результаті семестрового навчання студент повинен отримати об'єктивну підсумкову оцінку. Учбовий план відповідно до змісту та спрямованості конкретної дисципліни може передбачати різні види робіт, а тому кожний лектор вимушений розробляти особисту систему оцінювання. Така система повинна сприяти підвищенню якості навчання, об'єктивності оцінювання, мотивації студентів до навчання протягом семестру, особистої відповідальності.

Пропонуються наступні принципи формування підсумкової оцінки знань студента. Оцінки з поточного контролю накопичуються під час семестрового навчання за результатами проведення різних видів контролю. Підсумкову семестрову оцінку студент може отримати як рейтингову, якщо він її отримав і згоден з нею або як результат складання семестрового заліку (іспиту). Рейтингова оцінка є інтегрованою і обраховується якщо студент виконав усі

види робіт за формулою $M^p = \sum_{i=1}^n k_i * M_i$, де: i - вид роботи(поточний контроль);

M_i – оцінка за вид роботи i ; k_i – ваговий коефіцієнт i ; n – загальна кількість видів роботи. Обрахування вагових коефіцієнтів для видів робіт, що

передбачають аудиторні заняття виконується за формулою $k_i = \frac{O_i^a + O_i^c}{O} * \frac{O_i^s}{O_i^a}$, а для

видів робіт, що не передбачають аудиторні заняття за формулою $k_i = \frac{O_i^c}{O}$, де:

O_i^a - об'єм аудиторного часу; O_i^c - об'єм часу на самостійне опрацювання; O_i^s - об'єм часу відвідуваних студентом занять; O - загальний об'єм часу на вивчення дисципліни. Якщо вид роботи передбачає декілька робіт (наприклад, лабораторні роботи), то оцінка за цей вид роботи M_i обраховується як середня за усі складові цього виду роботи.

МЕХАНІЗМ УПРАВЛІННЯ ПОТОКОМ - ПОВІЛЬНИЙ СТАРТ ТА ЗАПОБІГАННЯ ПЕРЕНАВАНТАЖЕННЯ

Руденко-Мудрак І. Ю.

*Державний університет телекомунікацій,
м. Київ*

Механізм повільного старту та запобігання перенавантаження - це алгоритми протоколу TCP, які не залежать один від одного. Цей метод дозволяє уникнути проблем, які можуть виникнути між відправником та отримувачем, якщо між ними є маршрутизатори та повільні канали, а на початку відправлена велика кількість інформації. При появі перенавантаження TCP повинен зменшити швидкість передачі пакетів в мережу, а потім за допомогою механізму повільного старту відновити навантаження.

Алгоритм повільного старту постійно відстежує, щоб швидкість передачі пакетів в мережу дорівнювала швидкості повернення підтверджень. Механізм повільного старту додає у вікно TCP відправника вікно перевантаження. Вікно не вказується в заголовку TCP, але передбачається. Коли встановлюється нове з'єднання, ініціалізується вікно перевантаження, яке дорівнює одному сегменту. Розмір сегмента може змінюватись, але зазвичай він дорівнює 512 або 536 байт. Якщо це число помножити на мільйон хостів, які обмінюються даними в інтернеті, то відразу виникне перевантаження.

На початку з'єднання TCP встановлює розмір вікна перевантаження на максимальний розмір сегмента. Для кожного підтвердженого сегмента TCP збільшує розмір вікна перевантаження по одному максимальному розміру сегмента, поки він не досягне порога половини дозволеного розміру вікна. Це називається повільним стартом. Розмір вікна перевантаження збільшується експоненціально (1, 2, 4, 8 и т.д.), доки не досягне оголошеного сегменту. Розмір вікна буде дорівнювати оголошеному значенню, поки немає затримок або дубльованих підтверджень прийому при передачі даних між двома станціями. Щоб уникнути перевантаження, перш ніж воно виникне, потрібно уповільнити експоненціальне зростання. Після того як розмір досягає порогу, розмір вікна збільшується на одиницю для кожного підтвердження, навіть якщо підтверджуються послідовні сегменти. Стратегія додаткового збільшення триває, поки підтвердження прибувають до спрацювання їх тайм-аутів або поки розмір вікна перевантаження не досягне значення вікна приймача.

Література:

1. Ногл М. TCP/IP. Иллюстрированный учебник / Мэтью Ногл. – Москва. – 480 с. – (ДМК Пресс). – (ББК 32.973.202).
2. Варфоломеева О. Г. Дослідження методів управління потоком в мережах NGN за протоколом TCP/IP [Електронний ресурс] / О. Г. Варфоломеева, О. О. Мороз // Державний Університет Телекомунікацій. – 2016. – Режим доступу до ресурсу: <http://tit.dut.edu.ua/index.php/telecommunication/article/view/1344/1277>.
3. Берлин А. Н. Основные протоколы интернет [Електронний ресурс] / А. Н. Берлин – Режим доступу до ресурсу: <https://www.intuit.ru/studies/courses/2/2/lecture/48>.

КОНЦЕПТУАЛЬНІ АСПЕКТИ РОЗРОБКИ БАЗ ЗНАНЬ ДЛЯ КОМПЛЕКСНИХ МОНІТОРИНГОВИХ СИСТЕМ

Свірідова А.С., Козуля Т.В.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

Комплексні моніторингові системи являють собою інформаційні системи (ІС), які базуються на розв'язанні задач спостережень за складними природно-техногенними і соціальними об'єктами, що певним чином взаємодіють з навколишнім середовищем, та контролі якості їх функціонування. Робота таких систем пов'язана зі зберіганням великих масивів даних та інформації, переробка та аналіз яких, в свою чергу, потребує структурування інформації і звернення до певних галузей знань. За результатами роботи моніторингових систем, однією із особливостей яких є накопичення інформації про об'єкт дослідження, відбувається формування нових знань про системи навколишнього середовища і процесів в них. Нові знання використовують для підвищення якості прийняття рішень при розв'язанні господарських та науково-практичних задач. Таким чином, постає задача удосконалення існуючих моніторингових систем шляхом введення модулю знань у вигляді баз знань, знання-орієнтованих систем, розробки інтелектуальних ІС.

Зважаючи на відмічену вище особливість моніторингових систем продукування знань, визначена задача щодо формування необхідної бази знань для таких систем і можливість їх розвитку за рахунок нових отриманих (рис.1).

Так, екоінформаційні системи орієнтовані на отримання нових знань за



результатами комплексного екологічного моніторингу природних, природно-техногенних системних об'єктів, забезпечуючи перетворення первинних результатів вимірювань в форму, придатну для підтримки прийняття рішень зі сталого розвитку регіонів на обробки даних, їх аналізу.

Рис. 1 – Визначення місця баз знань і їх продукування та оцінки [1].

Суттєвим при формуванні системи знань, у такому разі, є правильне подання їх в БЗ, що пов'язано з вибором способу уявлення знань. На основі порівняльної характеристики та розглянутих переваг і недоліків існуючих варіантів реалізації знання-орієнтованих інформаційних систем було обрано продукційну модель у якості моделі уявлення знань при формуванні БЗ для вирішення науково-практичних завдань комплексного моніторингу.

Література:

1. Любарский Ю.Я. Интеллектуальные информационные системы / Ю. Я. Любарский. – М.: Наука, 2013. – 232 с.

ПРОБЛЕМИ ІНТЕГРАЦІЇ СИСТЕМ НАВЧАННЯ З СИСТЕМАМИ УПРАВЛІННЯ ЗНАННЯМИ

Сокол В.Є., Харін А.М.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

В роботі розглянуто питання оптимізації створення навчальних курсів на підприємстві за рахунок повторного використання знань з системи управління знаннями підприємства.

Основною метою використання LMS та TMS в ІТ-компанії є формування у персоналу навичок та знань, необхідних для роботи над поточними та майбутніми проектами, а також забезпечення своєрідного репозиторію інтелекту, що дозволить уникнути відтоку знань у разі зміни працівником місця роботи [1].

Подібна система дозволить більш ефективно керувати знаннями співробітників в процесі навчання на підприємстві, що особливо важливо в ІТ-компаніях. Великий обсяг інформації, з яким доводиться працювати програмісту, робить його навчання новому матеріалу досить повільним. Таким чином, менеджеру ІТ-компанії знадобиться система, для систематизації знань, необхідних програмісту в процесі роботи, а також для розв'язання задачі узгодженості знань на підприємстві.

У роботі [2] було розглянуто моделі та існуючі рішення для тренінгу персоналу.

Проаналізувавши існуючі варіанти, було прийнято рішення розробити компонент, що буде використовувати публічні API LMS та KMS для виконання поставленої задачі.

Ключові особливості рішення:

1. Немає прив'язки до жодної з KMS, підтримується будь яка KMS з відкритим API, інтеграція кожного нового типу KMS потребує 1 людино-дня.
2. Немає прив'язки до LMS, аналогічно до п.1
3. Зображення усіх знань з KMS в зручному вигляді для подальшого створення курсів на їх основі.

Результатом цієї роботи є прототип компонента розроблений для оптимізації створення навчальних курсів на підприємстві за рахунок повторного використання знань з системи управління знаннями підприємства.

Література:

1. М. В. Ткачук Класифікація, типова функціональність та особливості застосування систем електронного навчання та тренінгу персоналу в ІТ-компаніях / М. В. Ткачук, В.Є. Сокол, М.О. Білова, О.С. Космачов // Сучасні інформаційні системи. 2018. Т. 2, № 4 . – с.87-95.
2. Sokol V.E. Adaptive Training System for IT-companies Personnel: Design Principles, Architectural Models and Implementation Technology / V. E. Sokol, M. V. Tkachuk, Y. M. Vasetka // Вісник Національного технічного університету "ХПІ" - Харків: НТУ "ХПІ". – 2017. - № 51 (1272) – с.38-43.

МОДЕЛЬ ОЦІНЮВАННЯ ОКРЕМИХ ІТ-СПЕЦІАЛІСТІВ АБО ЇХ КОМАНД

Соломоненко І.Ю., Двухглавов Д.Е.

Національний технічний університет

«Харківський політехнічний інститут», м. Харків

У сучасних реаліях ІТ-компанії часто стикаються з необхідністю залучення зовнішніх виконавців для виконання різних робіт. Тому ІТ-компанія залучає сторонніх претендентів. Проблемним моментом в даній ситуації є те, що немає чіткої методики оцінювання претендентів, що дозволяє вибрати виконавця проекту, який забезпечить результат заданої якості. Тому для об'єктивності процесу оцінювання та підвищення якості роботи менеджерів з підбору персоналу для вирішення завдань на засадах аутсорсингу є актуальним розробка програмного рішення, яке дозволить автоматизувати цей процес.

Основу пропонованої методики оцінювання, що має стати базою для розробки зазначеного програмного рішення, складає розрахунок інтегральної оцінки претендента, який дозволяє узагальнити результати трьох показників, що характеризують претендента:

- технічне інтерв'ю;
- виконання договірних обов'язків у раніше виконаних проектах;
- наявність та якість підготовки супровідної документації.

Оцінка за показниками проставляється менеджером з персоналу, який відповідає за підбір виконавця або команд для виконання субзавдань на певній мові для певної системи. Під час аналізу перш за все HR має аналізувати саме проекти, виконані з використанням заданого стеку технологій. При цьому аналіз і інших проектів може зробити оцінку більш обґрунтованою. Підсумкова оцінка за критеріями виставляється як середнє арифметичне виставлених експертами оцінок. Розрахунок інтегральної оцінки має наступний вигляд:

$$R_{ij} = (\mathcal{L}_{1j}TI_{ij} + \mathcal{L}_{2j}O_{ij} + \mathcal{L}_{3j}D_{ij}) * k;$$

$$\mathcal{L}_{1j} + \mathcal{L}_{2j} + \mathcal{L}_{3j} = 1.$$

де i – індекс претендента;

j – індекс проекту;

$\mathcal{L}_{1j}, \mathcal{L}_{2j}, \mathcal{L}_{3j}$ – вагові коефіцієнти, визначені для j проекту для показників «Технічне інтерв'ю», «Виконання обов'язків», «Наявність технічної документації»;

k – коефіцієнт кратності наданих послуг, який приймає такі значення:

$$k = \begin{cases} 0,75 - \text{виконано 1 проект;} \\ 0,9 - \text{виконано 2 - 5 проектів;} \\ 0,95 - \text{більше 5 проектів.} \end{cases}$$

Програмне рішення, розроблене на основі розглянутої моделі, забезпечить скорочення часу вибірки та опрацювання інформації, спростить створення звітності та обирати персонал відповідний цілям, завданням, особливостям проекту виходячи з особливостей діяльності організації і структури персоналу.

КЛАСИФІКАЦІЯ ГЕТЕРОГЕННИХ МЕРЕЖ

Солом'яний Т. В.

*Державний університет телекомунікацій,
м. Київ*

Для кожного рівня в гетерогенній мережі HetNet, необхідно проводити диференціацію між трьома основними компонентами (осі на рис.1а) які спочатку визначаються відповідними математичними конструкціями, а саме:

- інтерференція;
- управління потужністю/розподіл ресурсів [1],
- використання ресурсів.

На рис.1а проілюстровано тривимірний простір, сформований на основі трьох критеріїв і демонструє різні види гетерогенних мереж HetNet як приклади такого простору. Розділимо розглянуті приклади на три групи:

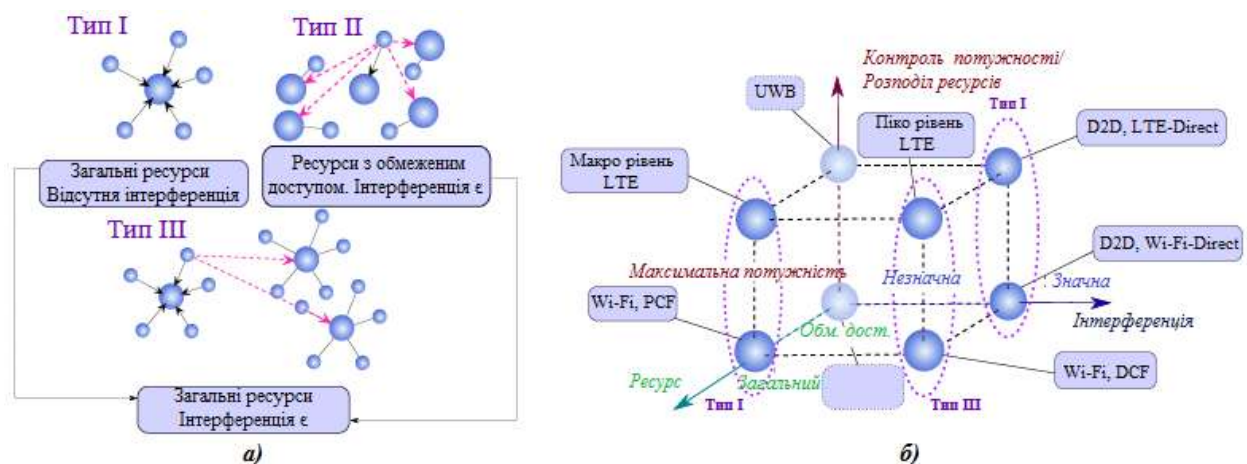


Рис. 1 - Класифікація видів та типів гетерогенних мереж HetNet

- Тип I («макро»): ресурси розподіляються між декількома лініями, вплив інтерференції може бути нівельовано завдяки технологічним особливостям.

- Тип II («D2D»): ресурси ексклюзивно належать одній лінії, але інтерференцію слід брати до уваги.

- Тип III («мала сота»): ресурси розподіляються між декількома лініями, і інтерференція повинна прийматися до уваги для довколишніх сот.

Отже, типи гетерогенних мереж, розглянуті вище, пронумеровані відповідно до їх зростаючою складністю рис. 1б. Найпростіший Тип I еквівалентний одній соті в зоні покриття макро базової станції (один об'єкт), коли інтерференція від інших об'єктів мережі може розглядатися як фоновий шум внаслідок складних процедур управління інтерференцією, які розподіляють ресурси базових станцій.

Література:

1. HongseokKim, deVecianaGustavo.Leveraging Dynamic Spare Capacityin Wireless Systems to Conserve Mobile Terminals' Energy //IEEE/ACM Transactions on Networking. — 2016. — Vol. 18, no. 3.

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ КОЕФІЦІЄНТА ОПЕРАТИВНОЇ ГОТОВНОСТІ АПАРАТУРИ ОПЕРАТИВНОГО ДИСПЕТЧЕРСЬКОГО ЗВ'ЯЗКУ

Фещенко А.Б., Загора О.В.

*Національний університет цивільного захисту України,
м. Харків*

В умовах надзвичайної ситуації (НС) виникає потреба прогнозування значення коефіцієнта оперативної готовності апаратури оперативного диспетчерського зв'язку (ОДЗ), який описується виразом [1, 2].

$$K_{ог} = P(t) \cdot K_{г} = P(t) \cdot K'_{г} \cdot K_{з} \quad (1)$$

де $P(t)$; $K_{г} = K'_{г} \cdot K_{об}$ - імовірність безвідмовної роботи й коефіцієнт готовності апаратури ОДЗ;

$$K'_{г} = \frac{1}{(1 + \frac{\Lambda_3}{\mu})} - \text{коефіцієнт готовності (показник ремонтпридатності)}$$

апаратури при необмеженому комплекті запасних технічних засобів ЗТЗ;

$$\Lambda_3 = \sum_{j=1}^N \lambda_{3j} = N \cdot \lambda'_6 \cdot K_p - \text{експлуатаційна інтенсивність відмов апаратури}$$

ОДЗ;

μ - інтенсивність відновлення;

$T_{п}$ - середній час вимушеного простою апаратури;

$$K_{з} = \frac{1}{(1 + \frac{T_{п} \cdot \Lambda_3}{(1 + \Lambda_3/\mu)})} = \frac{1}{(1 + \frac{n_{cp}}{(1 + \Lambda_3/\mu)})} - \text{коефіцієнт забезпеченості}$$

апаратури ОДЗ запасними елементами;

де Λ_3/μ - співвідношення інтенсивності відмов до інтенсивності відновлення апаратури ОДЗ в умовах НС;

$n_{cp} = T_{п} \cdot \Lambda_3$ - математичне очікування числа відмов апаратури ОДЗ за час поповнення комплекту ЗТЗ.

Література:

1. Фещенко А.Б. Зависимость коэффициента оперативной готовности аппаратуры оперативной диспетчерской связи от показателей безотказности и ремонтпригодности в условиях чрезвычайной ситуации / А.В. Загора, // Проблемы надзвичайних ситуацій [Текст]: зб. наук. пр. / НУЦЗ України. - Вип. 1 (2005) - . - Харків: НУЦЗУ, 2017- . Вип.26. -2017, с.175-180 / Режим доступу: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/5913>

ПІДХІД ДО СТВОРЕННЯ ПРОГРАМНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ ПРОЦЕСУ ПРИЙОМУ СПІВБЕСІД У СФЕРІ ІТ

Чан Тхань Нам

*«Харківський національний університет радіоелектроніки»,
м. Харків*

У зв'язку з стрімким збільшенням популярності інформаційних технологій (ІТ), все більше і більше ІТфахівців хочуть потрапити на бажану вакансію. Зазвичай співбесіди проводяться в офісі компанії, де вас приймають працівники компанії та особисто з вами розмовляє, часто цей процес займає купу часу як для тих, хто проводить співбесіду так і для кандидата на вакансію. Також компаніям дуже складно слідкувати та давати відгуки всім кандидатам, щодо співбесіди яку вони пройшли. Рішенням цієї проблеми є створення програмної системи для автоматизації даного процесу, в основі якого лежить дистанційна співбесіда через відеоконференцію та особисту систему оцінок для кандидатів.

В основі реалізації відеоконференції була використана peer-to-peer архітектура передачі даних, в основі якої лежить мережа рівноправних вузлів. Ця архітектура мережі дозволяє обмінюватися даними без центрального серверу. Іншими словами, кожен комп'ютер у мережі peer-to-peer становиться файловим сервером, а також клієнтом. В данному випадку комп'ютери будуть обмінюватися між собою медіа даними. Також, для самої відеоконференції було використано технологію, яка називається WebRTC, яка використовує peer-to-peer як основну архітектуру мережі, вона дозволяє надійно передавати потоки даних відео та аудіо безпосередньо між двома комп'ютерами. WebRTC використовує набір API без плагінів, який можна використовувати як у стаціонарних, так і в мобільних браузерах.

Слід звернути увагу на модуль оцінювання кандидатів, який використовує метод експертних оцінок. При цьому кожен спеціаліст компанії, який проводив співбесіду дає оцінку від 0 до 10 за визначеним критерієм (напрямоком за яким проводилася співбесіда за участю конкретного спеціаліста). На підставі вимог до вакансії проводиться ранжування критеріїв відбору та завдання вагових коефіцієнтів відсортованим критеріям. Далі використовують метод зваженої суми оцінок, що дає доволі точний відгук для кандидата на вакансію.

Отже, в цій роботі було розглянуто особливості сучасних співбесід у сфері ІТ та рішенням проблеми про автоматизації цих самих співбесід. Також було розглянуто реалізацію peer-to-peer архітектури передачі даних для реалізації системи автоматизації процесу прийому співбесід у сфері ІТ, та систему оцінювання кандидата на вакансію на основі методу експертних оцінок та методу зваженої суми.

СТВОРЕННЯ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ НАВЧАЛЬНИМ КОНТЕНТОМ НА БАЗІ МІКРОСЕРВІСНОЇ АРХІТЕКТУРИ

Чередніченко О. Ю., Карнаух В. Е., Богдан А. О.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

Останнім часом розроблено велику кількість електронних навчальних матеріалів. Як правило, всі системи дистанційного навчання мають модульну структуру. Навіть якщо фізично модулі важко виділити, вони легко виокремлюються на концептуальному рівні та рівні розробки.

Визначені покоління електронного та дистанційного навчання розрізняються не тільки наявністю того або іншого модуля, але й їхнім внутрішнім змістом та сукупністю зв'язків між ними. У системах дистанційного навчання нового покоління рівень знань студента оцінюється також безпосередньо під час вивчення навчальних матеріалів. Модель підвищує ефективність навчання, оскільки знаючи кого навчати, навчальний процес максимально індивідуалізується, тобто адаптується. Інтерфейсний модуль забезпечує зв'язування інших модулів системи дистанційної освіти, а комунікаційний забезпечує взаємодію та зворотний зв'язок студента із системою. Організаційно-адміністративний модуль (або підсистема керування навчальним процесом) забезпечує функції авторизації, захисту, здійснення фінансових операцій та інші.

Система подається як набір сервісів, які конфігуруються залежно від вимог замовника. Замовником може виступати фізична або юридична особа, якій потрібно автоматизувати процеси навчання. Система будується з автономних сервісів, які є незалежними один від одного. Спілкування між сервісами відбувається за допомогою HTTPS протоколу. Також замовник може надати свій сервіс, який підтримує контракт системи. Сервіси є незалежними та можуть бути реалізовані різними мовами програмування та розміщені на різних апаратних платформах. Для повноцінного функціонування продукту програмне забезпечення розробляється з можливістю підключення до п'ятдесяти модулів одночасно, а також його надійності, відкритості до змін, захищеності.

В контексті роботи під системою розуміють просту взаємопов'язану структуру, яка складається із таких компонентів: сервіс зв'язку компонентів; навчально-методичний сервіс; педагогічний сервіс; сервіс контролю знань; сервіс авторизації та аутентифікації; сервіс оповіщень.

Мікросервісний стиль архітектури – підхід до розробки цілісної програми як набору маленьких сервісів, кожен із яких працює у власному процесі та з'єднується з іншими за допомогою легких механізмів, таких, як HTTP. Сервіси будуються відповідно до певної задачі та можуть незалежно розгортатись автоматизованими системами. Оскільки сервіси є змінними, то надалі будемо розглядати лише головний (незмінний) сервіс, а саме сервіс зв'язку компонентів.

Таким чином, пропонується створення системи управління навчальним контентом на базі мікросервісної архітектури, що забезпечить гнучкість та масштабованість програмної реалізації.

СИСТЕМА МОНІТОРИНГУ ТА АНАЛІЗУ ПРОЦЕСУ ВИКОРИСТАННЯ ЗОВНІШНЬОЇ РЕКЛАМИ

Шелест О.В.

*Національний університет біоресурсів та природокористування України,
м. Київ*

Актуальність. Найголовніший критерій використання реклами – кількість її споживачів. Зовнішня реклама є одним з найефективніших рекламних носіїв. Де розміщати рекламу, яких вона має бути розмірів, її дизайн – все це параметри, які впливають на ефективність її використання. На зараз відсутня повномасштабна система моніторингу та аналізу процесу використання зовнішньої реклами.

Об'єкт дослідження – процес використання зовнішньої реклами.

Предмет дослідження – система моніторингу та аналізу процесу використання зовнішньої реклами.

Мета полягає в оптимізації процесу використання зовнішньої реклами на основі системи моніторингу та аналізу.

Архітектура системи. Система складається з таких вузлів.

Перший вузол: оперативне джерело даних. Він складається з баз даних (БД) Doors і Mediamonitoring та прикладного програмного забезпечення (ППЗ). БД Doors працює під управлінням СУБД MySQL. Вона призначена для збереження загальної інформації про конструкції зовнішньої реклами. БД Mediamonitoring працює під управлінням СУБД FirebirdSQL. БД слугує інформаційним забезпеченням для задач моніторингу процесу використання реклами засобами телебачення, інтернет, преси та зовнішнього розміщення. ППЗ розроблене на мові C#, на платформі .NET. Воно організаційно складається з таких модулів: модуль внесення властивостей конструкцій, на яких розміщується реклама; модуль внесення опису реклами; модуль формування статистичної інформації з подальшим аналізом.

Другий вузол: підсистема збереження даних для аналізу – багатовимірний куб (сховище даних). Для задач аналізу не ефективно використовувати двовимірне представлення даних, яке застосовується в оперативних БД. Саме тому в системі, що досліджується, застосовуються ідеологія представлення даних у вигляді фактів і вимірів. Крім того, сховище даних дозволяє отримати дані з різних джерел та різних форматів.

Третій вузол: підсистема аналізу даних. У свою чергу він складається з трьох частин: 1. Статистична обробка даних, яка виконується за допомогою генераторів звітів. 2. Аналіз даних у режимі реального часу на основі технології OLAP, у розрізі якої формуються звіти, розраховується KPI. 3. Інтелектуальний аналіз даних на основі технології DataMining, яка дозволяє знаходити нові закономірності в збережених даних.

Література:

1. Online analytical processing (OLAP) [<https://docs.microsoft.com/en-us/azure/architecture/data-guide/relational-data/online-analytical-processing>] — 2018.

РОЗРОБКА АЛГОРИТМІЧНОГО ТА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ОЦІНКИ СТАНУ ЛІСУ ПРИ ВИНИКНЕННІ ПОЖЕЖІ НА ОСНОВІ АНАЛІЗУ СУПУТНИКОВИХ ЗОБРАЖЕНЬ

Шепелєв О.В.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

Актуальність роботи полягає у необхідності удосконалення існуючого програмного забезпечення, призначеного для оцінки стану лісу при виникненні пожежі. Задача швидкого реагування і оцінки стану лісу в останні роки стає дуже важливим фактором, тому що економічні та екологічні наслідки від лісових можуть нести непоправну шкоду державі та планеті. Для реалізації поставленої цілі можуть бути використані геоінформаційні системи (ГІС) [1].

Існуючі ГІС не передбачають або мають лише часткове інтегрування систем роботи з обробкою супутникових зображень для оцінки стану лісу при виникненні пожежі [2]. Наявність такого функціоналу має забезпечити формування статистики за пожежею та надавати можливість розраховувати групу оцінок для обґрунтування стратегії боротьби з лісовими пожежами.

Метою роботи є розробка алгоритмічного та програмного забезпечення оцінки стану лісу при виникненні пожежі для надання підтримки у прийнятті рішень, превентивних заходів, або ж заходів щодо гасіння лісних пожеж на основі підходів комп'ютерного зору [3].

Комп'ютерний зір – це перетворення даних із фото або відео формату в рішення якоїсь задачі чи нове представлення. Нове представлення може означати перетворення кольорового зображення на зображення в градаціях сірого або вилучення руху камери з послідовності зображень.

Більшість застосувань спостереження Землі передбачає перетворення даних багатоканальних зображень у тематичні карти за допомогою процедур класифікації [4]. Ця дослідницька робота – це спроба автоматизувати процес вилучення меж функцій із супутникових знімків.

Проведено роботи, що стосуються виявлення та скелетонізації кордонів, робота використовує графік Делоне та тесселяцію Вороного для вилучення кордонів та скелетів, які є гарантовано топологічно рівнозначним сегментованим об'єктам.

У роботі проаналізовані існуючі ГІС, актуальність їх. Проаналізовано методи сегментації зображення за допомогою графіка Делоне та тесселяцією Вороного для вилучення кордонів та скелетів. Для рішення задачі запропоновано систему інформаційного та програмного забезпечення для реалізації оцінки стану лісу при виникненні пожежі на основі аналізу супутникових зображень, яке дозволяє формувати статистику за пожежею, та розраховувати групу оцінок для детального обґрунтування стратегії боротьби з лісовими пожежами.

Література:

1. Maliene V, Grigonis V, Palevičius V, Griffiths S (2011). "Geographic information system: Old principles with new capabilities". Urban Design International. 16 (1): 1–6.
2. Tomlinson, Roger F. (2003). Thinking about GIS: Geographic Information System Planning for Managers. Esri. p. 144.
3. Gary Bradski and Adrian Kaehler. (2008). "Learning OpenCV".
4. Browning, K. A., Conway, B. J., Muller, J.-P. A. L., and Stanley, D. J. (editors), 1988, Exploiting Remotely Sensed Imagery (London: The Royal Society)

ПІДВИЩЕННЯ ДОСТОВІРНОСТІ ПЕРЕДАЧІ ІНФОРМАЦІЇ В СИСТЕМАХ З МІМО

Щербина А.О.

*Державний університет телекомунікацій,
м. Київ*

Однією з головних проблем в швидко розвивається області бездротових систем зв'язку є збільшення швидкості передачі даних і підвищення якості обслуговування користувачів (зменшення ймовірності бітової помилки). Дана проблема особливо актуальна в мобільних (стільникових) системах радіозв'язку, що працюють в умовах складного просторового каналу.

Найбільш перспективним є використання антенної ґрадки на обох кінцях лінії зв'язку (на базову станцію і у користувача). Такі системи називаються МІМО (Multiple-Input Multiple-Output) системами. МІМО-системи активно впроваджуються в стандарти перспективних систем зв'язку. Вони дозволяють найбільш ефективно боротися з завмираннями сигналів і збільшити швидкість передачі даних за рахунок використання різних методів просторової або просторово-часової обробки сигналів, що забезпечують передачу і прийом паралельних потоків інформації.

Найбільш простий спосіб просторової обробки (просторового кодування) сигналів полягає в неадаптивним формуванні паралельних потоків для передачі даних, число яких збігається з числом передавальних антен. У таких системах передавач не володіє інформацією про просторовому каналі, тому вони називаються МІМО-системами без зворотного зв'язку. При їх використанні тільки прийом сигналів є узгодженим з випадковим просторовим каналом. Сигнал на вході кожному приймальному антени є лінійною комбінацією сигналів від всіх передавальних антен. Тому необхідно застосовувати спеціальні методи просторової обробки (поділу) сигналів перед їх демодуляцією і детектуванням.

Основними методами є:

- максимально правдоподібна оцінка переданих даних,
- звернення каналної матриці (матриці коефіцієнтів передачі між передавальними і приймальними антенами)
- оцінка по мінімуму середньоквадратичної помилки

Використання традиційних методів цифрової обробки на основі частотного аналізу недостатньо ефективно для мінімізації впливу завад, шумів та змін у часі параметрів радіоканалів. Краще використовувати методи частотно-часового аналізу. Все більшу популярність знаходять методи цифрової обробки на основі частотно-часового вейвлет аналізу.

Література:

1. В.Т. Ермолаев, А.Г. Флакман, «Теоретические основы обработки сигналов в беспроводных системах», 2011р.
2. Марчук А.В. «Методи підвищення достовірності передачі інформації в системах радіодоступу МІМО»: дис. ... канд. тех. наук : 12.05.2010 / Харків, 2010р.

СТВОРЕННЯ БАГАТОАГЕНТНОЇ СИСТЕМИ ЗАСОБАМИ МОВИ ПРОГРАМУВАННЯ KOTLIN

Янголенко О. В., Соколов Д. В., Цапков Д. А.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

Метою створення цього за стосунку є реалізація агентно-орієнтованої системи на основі FIPA стандарту. Агентна платформа дозволяє створювати багатоагентні середовища та організовувати взаємодію між як в одній агентній платформі, так і між кількома платформами.

Фасилітатор каталогів (DF) - необов'язковий компонент агентної платформи, але якщо він присутній, він повинен бути реалізований як служба. DF надає послуги жовтих сторінок іншим агентам. Система управління агентом (AMS) - обов'язковий компонент. AMS здійснює наглядний контроль за доступом до агентної платформи та його використанням. В одній точці доступу буде існувати лише одна AMS. AMS веде довідник AID, який містить транспортні адреси для агентів, зареєстрованих в агентній платформі. AMS пропонує послуги білих сторінок іншим агентам. Кожен агент повинен зареєструватися в AMS, щоб отримати дійсний AID. Служба транспортування повідомлень (MTS) - це метод зв'язку за замовчуванням між агентами на різних платформах. Агентська платформа (AP) забезпечує фізичну інфраструктуру, в якій агенти можуть бути розміщені. AP складається з машин, операційної системи, програмного забезпечення для підтримки агентів, компонентів управління агентом (DF, AMS та MTS) та агентів. Функції неблокуючого зупинення виконання (Suspend Function) називають функціями зупинки (або призупинення), оскільки їх виклики можуть призупинити виконання співпрограми (бібліотека може прийняти рішення продовжувати роботу без припинення, якщо результат виклику вже доступний). Функції зупинки можуть мати параметри і повертати значення, як і всі звичайні функції, але вони можуть бути викликані тільки з співпрограми або інших функцій зупинки. В кінцевому підсумку, при старті співпрограми вона повинна містити як мінімум одну функцію зупинки, і функція ця зазвичай анонімна (лямбда-функція зупинки). Співпрограми повністю реалізовані за допомогою технології компіляції, а припинення працює через перетворення коду. Кожна функція перетворюється в кінцевий автомат, де стани відповідають викликам. Перед припиненням наступний стан завантажується в поле згенерованого компілятором класу разом з супутніми локальним змінними і т. д. При поновленні співпрограми локальні змінні і стан відновлюються, і кінцевий автомат продовжує свою роботу. Припинену співпрограму можна зберігати і передавати як об'єкт, який зберігає її стан і локальні змінні. Типом таких об'єктів є Continuation, а описане перетворення коду відповідає класичному Continuation-passingstyle.

В даній роботі пропонується реалізувати агентну платформу засобами мови програмування Котлін. Розроблене програмне забезпечення буде використано для вирішення завдань в межах інформаційної системи смарт-будинку.

СЕКЦІЯ 2. МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ В МЕХАНІЦІ І СИСТЕМАХ УПРАВЛІННЯ

МОДЕЛЮВАННЯ ДЕФОРМУВАННЯ КОРПУСНИХ ЕЛЕМЕНТІВ РАКЕТ З НАНОКОМПОЗИТНОГО МАТЕРІАЛУ ПРИ НЕСТАЦІОНАРНОМУ НАВАНТАЖЕННІ

^{1,2}Аврамов К.В., ^{1,2}Чернобрывко М.В., ²Успенський Б.В., ^{1,2}Сахно Н.Г.

¹*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,*

²*Інститут проблем машинобудування ім. А. М. Підгорного
НАН України, м. Харків*

Останнім часом у світовому ракетобудуванні все частіше на заміну металам та їх сплавам приходять полімерні композитні матеріали, що армовані вуглецевими нанотрубками, так звані нанокомпозити. Це пов'язано з тим, що в умовах робочих високоінтенсивних навантажень при однаковій вазі нанокомпозити мають значну перевагу над алюмінієвими сплавами за своїми механічними характеристиками міцності. Нанокомпозитні корпусні елементи ракет можуть бути армовані вуглецевими нанотрубками з різним розподілом їх по товщині матриці. В даний час існує п'ять основних типів наноармування, які призводять до виникнення функціонально-градієнтного матеріалу по товщині оболонки [1].

Зазначимо, що для моделювання корпусних елементів ракет застосовуються циліндричні, конічні, сферичні та складені тонкі оболонки. При аналітично-чисельному аналізі їх деформування необхідно враховувати, що класичні оболонкові моделі не дозволяють враховувати зміну властивостей матеріалу по товщині, тому для математичного моделювання потрібно застосувати уточнені розрахункові моделі [2].

Досліджено деформування обтічника ракети під впливом надзвукового газового потоку та корпусу твердопаливного двигуна при навантаженні нестационарним внутрішнім тиском. Задля цього розроблені нелінійні математичні моделі складених оболонок, що враховують функціонально-градієнтні властивості матеріалу. За розробленими моделями запропоновано методики розрахунку параметрів напружено-деформованого стану для зазначених задач. Результати чисельного аналізу порівнювалися з результатами, отриманими за скінченно-елементними тривимірними моделями. Показано, що відносна похибка розрахунків не перевищує п'яти відсотків, що є прийнятним для зазначеного класу задач. При цьому час на проведення чисельних варіативних досліджень значно зменшується.

Література:

1. Аврамов К.В., Чернобрывко М.В., Успенський Б.В. Вільні коливання функціонально-градієнтних наноармованих циліндричних оболонок. Космічна наука і технологія. 2019. Т. 25. № 2(117). С. 23-37.

2. Self-sustained vibration of functionally graded carbon nanotubes reinforced composite cylindrical shell in supersonic flow / K.V. Avramov, M. Chernobryvko, B. Uspensky, K.K. Seitkazenova, D. Myrzaliyev // Nonlinear Dynamics. 2019.–№ 98(3). – P. 1853-1876. DOI 10.1007/s11071-019-05292-z.

ФІЗИКО-МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ДЕЯКИХ ДІЙ У ПРИЙОМАХ ВІЛЬНОЇ БОРОТЬБИ

Адашевський В.М., Олексієнко О.О.

Національний технічний університет

«Харківський політехнічний інститут», м. Харків

Метою досліджень є фізико-математичне моделювання і, надалі, реалізація моделей, аналіз розрахункових графічних характеристик і рекомендації до вибору деяких раціональних біомеханічних параметрів для вдосконалення техніки вільної боротьби в основних діях (прийомах).

Як показує аналіз спеціальної літератури, напрями досліджень в основному обмежено описом прийомів з точки зору біомеханіки, без подальшого моделювання і розрахунків.

Прийом – складна технічна дія, що включає вихідну позицію, захоплення, кидок з обертанням і утримання. Завдання захисту – зміна пози супротивника, розрив захоплення, створення перешкод для кидка, руйнування моменту пари сил, сприяючої обертанню і сил що сприяють поступальному руху тіла суперника.

У роботі пропонується метод фізичного і математичного моделювання основних рухів, а також статичних дій з урахуванням конкретних фізичних характеристик борців.

Основні рухи в прийомах борців – це обертальний і поступальний рухи.

Обертання може здійснюватися переважно навколо фронтальної осі (кидки через спину, підхоплення, кидки прогином). Накати, скручування, перевороти та інші, реалізуються в основному навколо подовжньої і сагітальної осей. У більшості випадків обертання відбувається навколо миттєвих косих осей. В цьому випадку модель включає активні моменти і моменти опорів, а також відповідні осьові моменти інерції супротивників залежно від конкретних видів прийомів.

Осі обертання при виконанні прийомів непостійні по напрямку в просторі, тому необхідно враховувати значення змінних осьових моментів інерції супротивників.

Поступальний рух відбувається в одній з трьох анатомічних площин з урахуванням результуючих зусиль і мас – геометричних характеристик біомеханічної системи.

Складені фізико-математичні моделі для розрахунків стійкості біомеханічних систем (борці – супротивники), де визначаються координати центрів мас сегментів, а також положення загального центру мас біомеханічної системи, що має велике практичне значення для вибору раціональних позицій у боротьбі для проведення конкретних прийомів і їх руйнувань з урахуванням фізичних характеристик спортсменів.

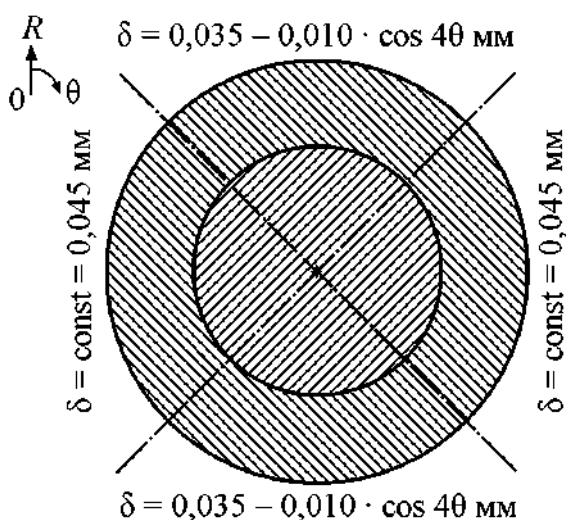
Результати досліджень пропонується надалі впровадити в процес підготовки спортсменів-початківців – борців вільного стилю з метою покращення техніки прийомів.

ВПЛИВ ГЕОМЕТРИЧНИХ АНОМАЛІЙ НА МІЦНІСТЬ З'ЄДНАНЬ З НАТЯГОМ

Андрєєв А.Г., Щепкін О.В.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

У машинах і технологічному устаткуванні широко застосовуються з'єднання деталей посадкою з натягом. Міцність з'єднання досягається за рахунок пружної, а іноді також пластичної деформації сполучних деталей, яка виникає при технологічному процесі складання. Із практики відомо, що з'єднання з натягом відрізняються низькою втомною міцністю валів і осей, яка є в 2-3 рази нижчою за межу витривалості гладких зразків, а межі витривалості з тріщиноутворення є приблизно в два рази нижчими за межі витривалості зі втомної міцності. Основними причинами цього є концентрація контактного тиску у торців маточин та корозія тертя на підматочинних частинах деталей, що призводить до появи тріщин і руйнування.



Предметом дослідження є порівняльний аналіз з'єднань з натягом, які у поперечному перерізі мають відхилення від правильної геометричної форми. Для розрахунку з'єднання валу з поперечним перерізом овальної форми з втулкою використані формули для плоскої деформації, тобто задача зводиться до двовимірної шляхом розгляду поперечного перетину конструкції.

Було досліджено з'єднання втулки з поперечним перерізом овальної форми. Натяг в з'єднанні задається формулою $\delta = 0,04 \cdot 10^{-3} + 0,01 \cdot 10^{-3} \cdot \cos 2\theta \text{ мм}$, причому натяг змінюється від

$0,03 \cdot 10^{-3}$ до $0,05 \cdot 10^{-3}$ м, середнє значення натягу становить $\delta = 0,04 \cdot 10^{-3}$ м. Також було досліджено з'єднання з втулки з валом частково овальної форми (див. рис.). Натяг в з'єднанні задається формулою

$$\delta = \begin{cases} 0,035 \cdot 10^{-3} - 0,01 \cdot 10^{-3} \cos 4\theta, & \pi/4 \leq |\theta| \leq 3\pi/4; \\ 0,045 \cdot 10^{-3}, & |\theta| \leq \pi/4; \quad |\theta| \geq 3\pi/4, \end{cases}$$

натяг змінюється від $0,025 \cdot 10^{-3}$ до $0,045 \cdot 10^{-3}$ м, середнє значення натягу становить $\delta = 0,04 \cdot 10^{-3}$ м.

Дослідження показало, що для з'єднання валу і втулки з геометричними аномаліями зсувне зусилля практично не залежить от довжини дефекту, якщо середній натяг у з'єднанні порівнюваних конструкцій співпадає. При збільшенні овальності до $0,05 \cdot 10^{-3} \dots 0,01 \cdot 10^{-3}$ мм у зоні з мінімальним натягом контакт між деталями втрачається, така конструкція є дефектною.

ДОСЛІДЖЕННЯ НЕЛІНІЙНИХ КОЛИВАНЬ В СИЛОВІЙ ПЕРЕДАЧІ ДВОХВАЛЬНОГО ТРАНСПОРТНОГО ДВИГУНА

Бєломитцев А.С., Дружинін Є.І.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

Розглядаються сталі вимушені коливання в силовій передачі двохвального транспортного двигуна, що виникають внаслідок дії збурюючих сил, пов'язаних з головними (п'ятима) гармоніками крутного моменту двигуна. Розрахункова механічна модель силової передачі складається з чотирьох елементів, що моделюють: 1) нагнітач, 2) споживач потужності, 3), 4) циліндрові маси колінчастих валів. Модель враховує істотно нелінійний характер окремих з'єднань силової передачі: нелінійну пружну муфту між колінчастими валами та технологічний зазор у приводі до споживача потужності.

Рух цієї системи описує диференціальне рівняння

$$\dot{y} = \Phi(t, y), \quad (1)$$

де y - $2n$ -мірний вектор стану, Φ - $2n$ -мірна вектор-функція,

T_1 -періодична по явно вхідному часу t : $\Phi(t, y) = \Phi(t + T_1, y)$.

Найпростіші усталені рухи такої системи – це періодичні коливання, біфуркації яких призводять до появи більш складних сталих рухів. Визначення періодичного розв'язку рівняння (1) може бути зведено до розв'язання неявно заданого рівняння:

$$y_T(y_0) - y_0 = 0, \quad (2)$$

де $y_0 = y(0)$, $y_T = y(T)$ - вектори стану системи в моменти часу $t = 0$ і $t = T$, $T = rT_1$.

Необхідність розрахункового дослідження системи була викликана тим, що на робочих режимах двигуна в силовій передачі виникали сильні субгармонічні коливання 2-го порядку, що приводили до передчасного руйнування елементів конструкції.

Проведені розрахунки дозволили зробити наступні висновки:

- 1) основною причиною виникнення субгармонічних коливань в системі є нелінійна пружна муфта;
- 2) найбільш ефективний шлях усунення небезпечних динамічних явищ в системі полягає в одночасному зменшенні величини зазору в шлицевому з'єднанні і збільшенні довжини податливої ділянки пружної муфти. Це дозволяє виключити можливість виникнення інтенсивних крутильних коливань системи, що призводять до зниження її довговічності.

ДЕФОРМАЦІЯ ЛОПАТІ ПРОМИСЛОВОГО ВІТРОГЕНЕРАТОРА ПІД ДІЄЮ ВІТРОВИХ НАВАНТАЖЕНЬ ПРИ ВІДМОВІ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ВІТРОГЕНЕРАТОРА

Богатир М.С.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,
м. Харків*

Виробництво електроенергії промисловими вітрогенераторами починається при мінімальній швидкості вітру 3,5 м/с, оптимальна продуктивність досягається при швидкості вітру 12 м/с, при 20 м/с відбувається автоматичне вимкнення вітрогенератора, за допомогою системи керування. При вимкненні, система керування відповідає за зупинку ротора, контролює напрямки лопатей та гондоли відповідно напрямку вітру, з метою мінімізації вітрового тиску, що дозволяє уникнути руйнування лопатей та всієї конструкції вітрогенератора.

В ході роботи було змодельовано типову геометричну модель лопаті промислового вітрогенератора, побудовано скінченно-елементну сітку, розраховані вітрові навантаження, що впливають на лопать, досліджено максимальні переміщення та еквівалентну напругу лопаті, при відмові системи керування вітрогенератора.

Значення вітрового тиску, визначається за формулою:

$$w = 0.5 \cdot \rho \cdot v^2 \quad (1)$$

де w – значення вітрового тиску, Па; ρ – щільність повітря, кг/м³; v – швидкість вітру, м/с.

Результати впливу вітрового тиску на максимальні переміщення та еквівалентну напругу лопаті представлені в таблиці 1.

Таблиця 1 – Результати переміщень та еквівалентної напруги лопаті

Швидкість вітру, м/с	Вітровий тиск, Па	Переміщення, м	Напруга, Па
20,7	257,09	0,067661	3,9242e6
24,4	357,22	0,094011	5,4525e6
28,4	483,94	0,12736	7,3867e6
32,6	637,66	0,16782	9,733e6
55	1815	0,47766	27,704e7

Отже, отримані результати максимальних переміщень та еквівалентної напруги лопаті показали, що при відмові системи керування, при швидкості вітру більше ніж 20,7 м/с, виникають великі деформації згину, що можуть привести до її руйнування.

Література:

1. The Wind Power - Wind Energy Market Intelligence – Електронний каталог вітрових турбін.- Режим доступу: https://www.thewindpower.net/turbine_en_58_ge-energy_1.5xle.php
2. СНиП 2.01.07-85*. Нагрузки и воздействия. — М.: ФГУП ЦПП, 2005. — 44 с.

РАДІАЦІЙНА ПОВЗУЧІСТЬ ВНУТРІШНЬОКОРПУСНИХ ПРИСТРОІВ АЕС

Бреславський Д.В., Кашинський М.Г., Татарінова О.А.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,
м. Харків*

У доповіді обговорюється метод розрахункового аналізу напружено-деформованого стану внутрішньокорпусних елементів АЕС, які працюють в умовах радіаційного опромінювання. Забезпечення надійної роботи та продовження терміну експлуатації елементів, що входять до складу ядерних реакторів, є важливою задачею. Застосування методів експериментального аналізу при цьому не є повністю можливим через обмеженість можливостей проведення довготривалих досліджень при радіаційному опромінюванні. У зв'язку з цим застосування розрахункових методів стає актуальним та практично необхідним.

Надано математичну постановку тривимірної початково-крайової задачі повзучості. Рівняння стану побудовано за допомогою експериментальних даних з радіаційної повзучості реакторної сталі. Для врахування впливу теплових полів, спричинених виробленням тепла ядерного реактора, додатково розв'язується задача стаціонарної теплопровідності.

Нелінійна система диференціальних рівнянь лінеаризована за допомогою різницевих схем. Крайова задача, яка виникає на кожному кроці за часом, розв'язується методом скінченних елементів.

Розглянуто модель вигородки ядерного реактора. На першому етапі задачу розв'язано а тривимірній постановці, а згодом проблему редуковано до задачі плоскої деформації.

Обговорюються результати чисельного моделювання. Отримано дані розподілу температури в перерізах вигородки ядерного реактора, а також напружено-деформованого стану в різні моменти часу.

МАТЕМАТИЧНЕ ТА КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ РУЙНУВАННЯ ПРИ ПОВЗУЧОСТІ

Бреславський Д.В., Сенько А.В.
Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,
м. Харків

Опис процесів руйнування при повзучості потребує формулювання спеціальної початково-крайової задачі, особливості якої полягають у змінюванні за часом крайових умов першого (у переміщеннях) та другого роду (у напруженнях). Доповідь присвячено опису розробленого методу математичного та комп'ютерного моделювання таких процесів при двовимірному напруженому стані.

Математичну постановку задачі виконано з застосуванням теорії повзучості інкрементального типу з кінетичним рівнянням Работнова-Качанова для скалярного параметру пошкоджуваності. До розв'язання задачі залучено метод скінченних елементів (МСЕ) спільно з різницевим методом інтегрування за часом. Алгоритм методу полягає в послідовному переформулюванні початково-крайової задачі шляхом корекції розрахункової скінченноелементної моделі, в якій видаляються скінченні елементи з закінченим терміном прихованого руйнування. Він визначається за розв'язанням повної задачі повзучості, що супроводжується пошкоджуваністю. Створено можливість аналізу періодичного навантаження, яке є характерним для умов роботи багатьох відповідальних елементів конструкцій. В цьому випадку асимптотичні методи та методи осереднення на періоді змінювання напружень використано для отримання осереднених рівнянь повзучості.

Розроблений метод розрахунку реалізовано у вигляді програмного засобу, написаного мовою C++ [1]. Опис методу та алгоритму розрахунку міститься у [2]. Отримані результати комп'ютерного моделювання процесу руйнування при повзучості застосовуються для ідентифікації параметрів, що входять до рівняння для швидкості зростання тріщини чи макродефекту. Можливості розробленого програмного забезпечення демонструються на прикладах плоских зразків з гострими та коловими надрізами, теповиділяючих елементів активної зони ядерних реакторів тощо.

Література:

1. Свідоцтво про реєстрацію авторського права. А. с. № 83455. Україна. Комп'ютерна програма "Розв'язання двовимірних задач повзучості, пошкоджуваності та розповсюдження тріщини" ("FEM creep-damage-fracture") / Д.В. Бреславський, А.В. Сенько, О.А. Татарінова. — № 82758. — Опубл. 12.11.18.
2. D. Breslavsky, A. Kozlyuk, O. Tatarinova. Numerical simulation of two-dimensional problems of creep crack growth with material damage consideration. // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. Applied mechanics. Vol , No 7 (92) (2018). P.27-33.

КОМП'ЮТЕРНІ МЕТОДИ ГЕНЕРАЦІЇ ТА АНАЛІЗУ МІКРОСТРУКТУР ПОЛІКРИСТАЛІЧНИХ МАТЕРІАЛІВ

Водка О.О.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,
м. Харків*

Металеві матеріали на мікрорівні являють собою полікристалічну структуру. Кожен кристал цієї структури має свою форму та орієнтацію в просторі. Це призводить до того, що сукупність форм і орієнтацій кристала визначає механічні характеристики матеріалу. Таким чином, важливо моделювати мікроструктури матеріалів. Це дозволяє визначати механічні параметри матеріалів на основі їх мікроструктури.

Метод кліткових автоматів широко застосовується при моделюванні мікроструктури різних матеріалів. Цей метод широко використовуються для прогнозування поведінки в різних галузях.

Для реалізації методу кліткових автоматів у цій роботі розроблено програмне забезпечення, що дозволяє синтетично генерувати мікроструктури полікристалічних матеріалів. У програмному забезпеченні реалізовані можливості використовувати різні правила сусідства клітин.

Процес кристалізації з фізичної точки зору повинен відбуватися рівномірно у всіх напрямках. Через локальні коливання та градієнти температури нерівномірний об'єм хімічного складу розплаву кристалізується нерівномірно в різних напрямках. Для моделювання цього ефекту пропонується встановити швидкість кристалізації у вигляді еліпса. Радіуси еліпса відповідають швидкості кристалізації у відповідних напрямках. Для визначення ймовірностей переходу еліпс проектується на комірки поля. Потім визначається площа еліпса, яка потрапила в кожен клітинку. Отримані клітинні ділянки представляють ймовірність кристалізації в різних напрямках. Кількісні характеристики мікроструктур досліджуються на основі створених мікроструктур.

Для визначення геометричних характеристик мікроструктур матеріалів проводиться визначення ряду характеристик. Так розроблене програмне забезпечення визначає фактор форми, нормовану площу зерна, коефіцієнт масштабу та кут орієнтації зерна. Отримані дані статистично обробляються, і за результатами обробки визначаються функції густини ймовірності. За статистичними параметрами отримані результати порівнюють з параметрами мікроструктури матеріалів отриманих на основі аналізу мікрошліфів.

Таким чином, розроблене програмне забезпечення дозволяє генерувати мікроструктури полікристалічних матеріалів та визначати в статистичній формі геометричні параметри згенерованих мікроструктур.

ОЦЕНКА НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ ДНИЩ СИЛОСОВ С УЧЕТОМ КОРРОЗИОННОГО ИЗНОСА АРМАТУРЫ

Водка А.А., Ларин А.А., Потопальская К.Е., Трубаев А.И.

*Национальный технический университет
«Харьковский политехнический институт»,
г. Харьков*

В днищах сборных силосов элеваторов при длительных сроках эксплуатации (20-30 лет) образуются трещины, которые растут со временем и достигают ширины более чем 1 мм. Такая ситуация вызывается технологическими отклонениями при эксплуатации [1] и согласно нормативным документам является аварийной для всего сооружения. Это также способствует коррозионному износу арматуры, что сокращает срок эксплуатации сооружения. При этом необходимо учитывать, что бетон с течением времени может изменять свои физико-механические свойства [2]. Рассматривается два варианта утонения арматуры в области трещины вследствие коррозионного повреждения: на 20% и 70%, а также модели с учетом и без учета усиления трещины эпоксидным клеем Sikadur-52. Предполагается, что длина поврежденного участка арматуры в горизонтальном направлении составляет около 200 мм. На основе метода конечных элементов в трехмерной постановке проведен анализ прочности днищ силосов. Получены результаты для днища силоса, ослабленного двумя и четырьмя горизонтальными трещинами с учетом коррозионного повреждения арматуры. Результаты расчета напряженного состояния для случая 2-х трещин и утонения арматуры в нижней части днища на 20% с 10 до 8 мм показали, что напряжения в арматуре вследствие коррозионного повреждения возрастают примерно в 5 раз, но остаются существенно меньше предела текучести. Результаты для случая утонения арматуры в нижней и верхней части днища на 70% с 10 до 3 мм для трещины незаполненной и заполненной клеем показали, что клей снижает напряжения в бетоне, находящемся в области трещины примерно в два раза, а напряжения в арматуре в 8 раз. Результаты для днища силоса, ослабленного четырьмя горизонтальными трещинами в случае утонения арматуры в нижней и верхней части днища на 70% показали, что максимальная величина главных растягивающих напряжений, которая достигается на нижней части днища, увеличилась вследствие коррозии арматуры на 38% и превосходит предел прочности бетона на растяжение. Максимальное значение эквивалентных напряжений по Мизесу в арматуре возросло в 4 раза и превысило предел текучести.

Выполненная работа позволила выработать практические рекомендации по усилению конструкции днищ силосов.

Література:

1. Водка А.А., Ларин А.А., Трубаев А.И. и др. Оценка напряженного состояния днищ силосов элеваторов, находящихся в длительной эксплуатации, с учетом просадки колонн и фактических физико-механических свойств бетона – Харків: Науковий вісник будівництва. ХНУБА, 2016. – №1/83. – С. 20-37
2. Пухонто Л.М. Долговечность железобетонных конструкций инженерных сооружений.-М: Изд-во АСВ, 2004.-424 с.

ОПТИМАЛЬНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ ПОДШИПНИКОВЫХ УЗЛОВ ПОВЫШЕННОГО РЕСУРСА

¹Гиршфельд А.М., ²Симсон Э.А.

Частное акционерное общество «У.П.Э.К.»,

Национальный технический университет

«Харьковский политехнический институт», г. Харьков

«Закрытые» или, так называемые, - «кассетные» подшипниковые узлы, изначально применявшиеся лишь в высокотехнологичных областях, становятся все более распространенными, в частности, - в транспортном и сельскохозяйственном машиностроении, благодаря повышенному гарантийному сроку и периоду до первого обслуживания. Несмотря на более высокую «стартовую» стоимость по сравнению с обычными подшипниками, стоимость жизненного цикла закрытых подшипниковых узлов оказывается заметно ниже за счет отсутствия необходимости замен масла, роликов и других действий, предусматриваемых в регулярных ТО для стандартных подшипников. Так, например, разработанный авторами совместно с ООО «УКТПП» закрытый буксовый подшипниковый узел «DuplexHARP» для грузового подвижного состава имеет гарантийный пробег без техобслуживания - 800.000 км. (или 8 лет), а улучшенная серия «Duplex-X» - до 1 млн. км. пробега вместо 300.000 км. до первого техобслуживания у стандартных буксовых подшипников и 600.000 км. - у конкурентов!

Но, как это часто бывает в технике, - достоинства закрытой конструкции оборачиваются ее главной проблемой. Поскольку в закрытых узлах не производится замена смазки, продукты износа роликов и колец остаются внутри подшипникового узла и стоит им только появиться, как в дальнейшем, работая как абразив, они интенсифицируют износ почти экспоненциально. Так что для достижения таких высоких эксплуатационных показателей необходимо было уже при проектировании, и далее - при разработке технологии серийного производства закрытых подшипниковых узлов «Дуплекс» обеспечить не просто снижение, а практически отсутствие износа на протяжении почти всего указанного пробега.

Этого удалось добиться благодаря целому комплексу инженерных решений, оптимизация которых была изначально отработана на математических моделях:

- рекомендован корпус буксы с оптимальным (максимально равномерным) распределением нагрузок по роликам и упрочнением опорной поверхности;
- рекомендовано «оптимальное скругление» торца ролика, обеспечивающее 4х кратное снижение уровня износа в смешанном трении с бортом кольца;
- упрощенное скругление на участке контакта, реализуемое специальным приспособлением на стандартных шлифовальных станках дает 2/3 этого эффекта;
- рекомендована оптимальная форма «бомбины» цилиндрического ролика и ответная форма выпуклости дорожки качения, минимизирующие трение качения;
- совместно с европейским лидером в разработке и производстве специальных смазок разработана смазка, имеющая оптимальное сочетание сопротивляемости износу и уровня гидравлических потерь при работоспособности вплоть до минус 60°C.

ТРЬОХЧАСТОТНА ЕТАЛОННА МОДЕЛЬ ВІБРАЦІЙНОГО РУХУ ТВЕРДОГО ТІЛА ДЛЯ ВІДПРАЦЮВАННЯ АЛГОРИТМІВ ОРІЄНТАЦІЇ

Гомозкова І.О., Плаксі́й Ю.А.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

На теперішній час розроблено значну кількість алгоритмів орієнтації, орієнтованих на використання первинної інформації з гіроскопів, що вимірюють інтеграли від проекцій кутової швидкості на інтервалі зйому k тривалістю τ . Потреба в розробці алгоритмів багатокрокових орієнтації високого порядку була обумовлена, насамперед, відсутністю швидкодіючих автономних обчислювачів, що дозволяли б визначати орієнтацію з високою частотою. В теперішній час можливості автономних обчислювачів суттєво зросли і разом з цим виник цілий ряд специфічних задач, що вирішуються сучасними рухомими об'єктами і потребують визначення орієнтації з високою частотою оновлення. Тому стає актуальною задача вибору достатньо простого алгоритму орієнтації, який би забезпечив необхідну точність в умовах високої тактової частоти функціонування. Додатковим фактором, що потребує підвищення тактової частоти алгоритма орієнтації, є дія вібрацій.

Запропоновано нову трьохчастотну модель вібраційного руху твердого тіла, основу на чотирьохчастотній моделі [1]. Кватерніон орієнтації моделі задамо у вигляді:

$$\begin{aligned}\lambda_0(t) &= \cos^2 \varphi(t) \cdot \cos \psi(t) - \sin^2 \varphi(t) \cdot \sin \psi(t), \\ \lambda_1(t) &= \cos \varphi(t) \cdot \sin \psi(t) \cdot \cos \vartheta(t) + \sin \varphi(t) \cdot \cos \psi(t) \cdot \sin \vartheta(t), \\ \lambda_2(t) &= -\sin \varphi(t) \cdot \cos \psi(t) \cdot \cos \vartheta(t) + \cos \varphi(t) \cdot \sin \psi(t) \cdot \sin \vartheta(t), \\ \lambda_3(t) &= \cos \varphi(t) \cdot \sin \varphi(t) \cdot (\cos \psi(t) + \sin \psi(t))\end{aligned}\quad (1)$$

Проекції кутової швидкості на зв'язані осі, що забезпечують орієнтацію (1), мають вигляд:

$$\begin{aligned}\omega_1(t) &= (\dot{\varphi}(t) + \dot{\vartheta}(t)) \cdot (\cos 2\varphi(t) \cdot \sin 2\psi(t) \cdot \sin(\varphi(t) - \vartheta(t)) + \sin 2\varphi(t) \cdot \cos(\varphi(t) - \vartheta(t)) - \\ &\quad - 2\dot{\varphi}(t) \cdot \cos 2\psi(t) \sin(\varphi(t) - \vartheta(t)) + 2\dot{\psi}(t) \cdot \cos(\varphi(t) - \vartheta(t)); \\ \omega_2(t) &= (\dot{\varphi}(t) + \dot{\vartheta}(t)) \cdot (\cos 2\varphi(t) \cdot \sin 2\psi(t) \cdot \cos(\varphi(t) - \vartheta(t)) - \sin 2\varphi(t) \cdot \sin(\varphi(t) - \vartheta(t)) - \\ &\quad - 2\dot{\varphi}(t) \cdot \cos 2\psi(t) \cos(\varphi(t) - \vartheta(t)) - 2\dot{\psi}(t) \cdot \sin(\varphi(t) - \vartheta(t)); \\ \omega_3(t) &= (\dot{\varphi}(t) - \dot{\vartheta}(t)) + \dot{\varphi}(t) \cdot (\cos 2\varphi(t) \cdot \cos 2\psi(t) + 2 \sin 2\psi(t)) + \dot{\vartheta}(t) \cdot \cos 2\varphi(t) \cdot \cos 2\psi(t);\end{aligned}$$

Проведений порівняльний аналіз алгоритмів орієнтації різного порядку в умовах модельного руху, отримані оцінки точності у вигляді похибки дрейфу. Встановлені співвідношення тактових частот видачі параметрів орієнтації, при яких різні алгоритми мають порівнянну точність.

Література:

1. Плаксі́й Ю.А., Гомозкова І.О. Аналіз точності алгоритма орієнтації Р. Міллера на чотирьохчастотній еталонній моделі обертання твердого тіла // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Математичне моделювання в техніці та технологіях. – Х.: НТУ «ХПІ». – 2019. – №22 (1347). – С.82–88.

АЛГОРИТМЫ И ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ФОРМУЛАХ, ДИАГНОСТИКЕ, ПРЕОБРАЗОВАНИЯХ И РАСЧЕТАХ ССКА КИДИМ ЕДИНИЦ ИЗМЕРЕНИЯ ПЕРЕМЕННЫХ

Гора М.В., Андреев Ю.М.

*Национальный технический университет
«Харьковский политехнический институт»,
г. Харьков*

В работе предложена реализация использования в исходных данных и результатах расчетов специальной системы компьютерной алгебры (ССКА) КиДиМ [1] размерностей переменных. Для этого необходимо было доработать синтаксис [2] ввода единиц измерения переменных при описании механических моделей на аналитическом языке КиДиМ, процедуры их чтения программами КиДиМ, компьютерную диагностику таких записей, дополнительную диагностику данных, открывающуюся при использовании размерностей, отображение размерностей в аналитической, числовой, табличной и графической форме представления выходных данных, преобразование и упрощение формул записи самих размерностей, замену их при преобразовании именами неосновных размерностей (Н, Дж, Гц и т.д.), использование неосновных и собственных систем единиц пользователя.

Решение таких задач существенно повышает функциональные возможности комплекса КиДиМ как системы компьютерной алгебры для решения задач механики.

Необходимость разработки алгоритма преобразования размерностей при аналитических компьютерных выкладках потребовала реализации оригинальной процедуры сокращения размерностей в числителе и знаменателе формируемой в результате новой формулы размерности, основанной на связанных списках. Соотношения между основными и неосновными размерностями задаются в зашитых в ССКА КиДиМ формулах размерностей, располагающихся в специальной базе данных, пополнять которую и редактировать пользователю доступно в специальном режиме работы комплекса.

В докладе демонстрируются результаты использования единиц измерения переменных в ряде задач.

Литература:

1. Андреев Ю. М. Новая система компьютерной алгебры для исследования колебаний структурно-сложных голономных и неголономных систем твердых тел / Ю. М. Андреев, О. К. Морачковский // Надежность и долговечность машин и сооружений : междунар. науч.-техн. сбор. НАН Украины. — К.: ИПП им. Писаренко Г. С., Ассоциация «Надежность машин и сооружений», 2006. — Вып. 26. — С. 11—18.

2. Андреев Ю. М. Разработка специальной системы компьютерной алгебры динамики машин в объектно-ориентированной среде BORLAND BUILDER C++ / Ю. М. Андреев // Вісник Хмельницького національного університету : Технічні науки. — Хмельницький : Хмельницький національний університет. — 2005. — Ч. 1. — Т. 2. — С. 36—41.

ЧИСЕЛЬНА СХЕМА ПОБУДОВИ КАНОНІЧНОЇ ФОРМИ ЖОРДАНА ДЛЯ ПАРИ МАТРИЦЬ (K,M)

Грищенко В.М.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,
м. Харків*

Важливого значення для сучасної техніки набувають питання динамічної поведінки енергетичних, трансмісійних машин та інших при складних умовах експлуатації, значних навантаженнях, для різноманітних структурних схем. Домінуючим напрямком дослідження процесів в них з одержанням адекватних рішень стали чисельні підходи. У зв'язку з цим особливого значення набувають питання удосконалення методів динаміки технічних об'єктів значних розмірів.

Рішення проблеми EigenValue може розглядатись як важлива компонента в побудові чисельно-аналітичних підходів, які альтернативні покроковим схемам інтегрування типу Рунге-Кутта в задачах великого розміру зі значними затратами часу. Важливою складовою цього аналізу є розрахунок спектра частот-форм коливань, визначення рівня віброактивності ланок агрегату.

Проблеми EigenValue прийнята в наступному вигляді

$$(K - \lambda E) = \begin{pmatrix} k & k & k & k & k & k & k & k & k \\ k & k & k & k & k & k & k & k & k \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \end{pmatrix} - \lambda E;$$

$$J = \begin{pmatrix} \lambda_1 & & & & & & & & \\ & \lambda_2 & & & & & & & \\ & & \ddots & & & & & & \\ & & & \lambda_j & & & & & \\ & & & & \ddots & & & & \\ & & & & & \alpha & \beta & 1 & \\ & & & & & -\beta & \alpha & 1 & \\ & & & & & & \ddots & & \\ & & & & & & & \alpha & \beta \\ & & & & & & & -\beta & \alpha \\ & & & & & & & & \ddots \end{pmatrix}.$$

Можна одержати значні переваги, якщо матриці лінійних перетворень попередньо привести до простих форм. Такий підхід широко застосовується в динаміці (модальний аналіз). Але відомо, що не для кожного лінійного оператора існує базис, в якому його матриця має діагональну форму. Проте кожна дійсна матриця подібна блочно-діагональній з діагональними блоками 1-го та 2-го порядків. Блокам 2-го порядку відповідають пари комплексно-спряжених власних значень. Теорема Жордана для матриці кожного лінійного оператора вказує одну із таких простих структур (канонічну форму J).

На жаль, основні кроки та особливості існуючого теоретичного підходу в побудові жорданового базису потребують пошуку коренів, визначення їх кратності, побудови корневого підпростору, матриці власних та приєднаних векторів, аналізу рангу матриці $(K - \lambda^* E)$ і є неприйнятними для чисельної реалізації. В роботі запропонована схема чисельного алгоритму побудови жорданового базису для загального випадку коренів. В якості стартової форми прийнята форма Шура. В основі схеми лежить принцип формування структури модальної матриці відповідно до структури самої матриці K, та наступним представленням її у вигляді ланцюга елементарних матриць.

ЗАСТОСУВАННЯ АПАРАТУ СТРУКТУРНИХ МАТРИЦЬ ТА СИСТЕМИ КОМП'ЮТЕРНОЇ АЛГЕБРИ НА КЛАСІ ДИСКРЕТНИХ СИСТЕМ

Дружинін Є.І., Беломитцев А.С.
*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,
м. Харків*

Проблема математичного моделювання, що пов'язана з необхідністю аналізу динамічних процесів в дискретних системах, так чи інакше, зводиться до складання та наступного рішення систем звичайних диференціальних, інтегральних або інтегрально-диференціальних рівнянь.

Значна кількість сучасних технічних систем, пристроїв та їх вузлів може бути адекватно представлена їх структурно-складними дискретними аналогами великої розмірності, тому при їх розгляді та описі не тільки отримання рішень, але і складання рівнянь, як правило, виявляється досить складним завданням, особливо, коли досліджуються пов'язані між собою динамічні процеси різної фізичної природи, що мають місце в механічних, електричних та гідродинамічних системах.

У зв'язку з цим стає актуальним створення ефективних методів автоматизованого побудови динамічних рівнянь, зазначеного класу систем, із застосуванням апарату структурних матриць та за допомогою системи комп'ютерної алгебри.

В роботі розглянуто питання, пов'язане з отриманням узагальненої математичної моделі динамічних процесів, які мають місце в дискретних системах різної фізичної природи, на основі загального варіаційного рівняння механіки у векторно-матричній формі та гідро-електро-механічних аналогій, що дозволяє розглядати з єдиних позицій проблему побудови рівнянь руху механічних, електричних і гідродинамічних дискретних систем. Проілюстрована можливість побудови рівнянь руху деяких механічних, електромеханічних і гідромеханічних систем із використанням апарату структурних матриць на основі застосування системи комп'ютерної алгебри.

Інваріантність рівнянь, що описують взаємопов'язані фізично різномірні процеси в дискретних системах, дозволяють використовувати систему комп'ютерної алгебри, та апарат структурних матриць для автоматизації етапів вирішення різних завдань аналізу таких систем, а саме отримання їх частотних спектрів і амплітудно-частотних характеристик окремих елементів, а також отримання тимчасових характеристик елементів дискретних систем, які можуть представляти інтерес в разі полігармонічного збудження.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПТИЦЫ-УДАРНИКА ДЛЯ РАСЧЕТОВ ПОВРЕЖДЕНИЙ ДЕТАЛЕЙ ТУРБОРЕАКТИВНОГО ДВУХКОНТУРНОГО ДВИГАТЕЛЯ

Ивченко Д.В.¹, Сметанкина Н.В.²

***¹Государственное предприятие «Запорожское машиностроительное
конструкторское бюро «Прогресс» имени академика А. Г. Ивченко,***

г. Запорожье,

***²Институт проблем машиностроения им. А. Н. Подгорного НАН Украины,
г. Харьков***

Попадание стайных средних птиц массой 0,7...1,15 кг или одиночной крупной птицы массой 1,85...3,65 кг в турбореактивный двухконтурный двигатель (ТРДД) может вызвать сильное повреждение его деталей проточной части и привести к выключению ТРДД в полете и (или) опасным последствиям. Поэтому на этапе проектирования ТРДД перспективным является проведение расчетов повреждений его деталей, которое позволит разработать стойкую к повреждениям конструкцию ТРДД. Для этого требуется обоснованная модель птицы-ударника, которая способна адекватно воспроизводить ударные нагрузки при попадании реальной птицы.

Цель настоящей работы – математическое моделирование птицы-ударника.

Для построения математической модели птицы-ударника выбран цилиндр со скругленными торцами. Эта геометрическая форма достаточно близка к формам тушек птиц, которые применяют для проведения экспериментальных исследований удара птиц, в том числе испытаний ТРДД с забрасыванием птиц в проточную часть. Так как птица при ударном нагружении ведет себя подобно жидкости, то для ее моделирования использовалась гидродинамическая теория, «нулевой» NULL-материал и уравнение состояния, которое было задано при помощи линейного полинома.

Для численной (компьютерной) модели-ударника применялся бессеточный SPH-метод, предусматривающий дискретизацию расчетного объема набором частиц, что позволило моделировать большие деформации тела птицы в процессе удара. Для реализации численной модели птицы-ударника был разработан специальный APDL-макрос и командные файлы для явного динамического решателя LS-DYNASolver, входящего в программный комплекс ANSYSLS-DYNA.

Для проверки адекватности модели птицы-ударника была выполнена ее верификация и валидация. Для этого были проведены расчеты ударов средних и крупных птиц разных масс по стальной плите. Рассмотрены удары под прямым и острыми углами к плите.

Сравнение результатов расчетов с использованием разработанной модели птицы-ударника и одномерной гидродинамической теории (при верификации), с данными экспериментальных исследований (при валидации), показало их хорошее согласование. Модель птицы-ударника прошла верификацию и валидацию, что позволяет ее применять для расчетов повреждений деталей ТРДД.

ЧИСЕЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ НДС ТА ВЛАСНИХ КОЛИВАНЬ ШПИНДЕЛЯ ПОРТАТИВНОГО РОЗТОЧУВАЛЬНОГО ВЕРСТАТУ

Киркач О.Б.¹, Пермяков О.А.¹, Іщенко М.Г.², Шепелев Д.К.¹

**¹Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,**

**²Акціонерне товариство «Турбоатом»,
м. Харків**

Актуальною виробничою задачею сьогодення є ремонт деталей та вузлів турбоагрегатів, що експлуатуються в Україні та за кордоном. Недоцільність, а іноді і технічна неможливість демонтажу великогабаритних деталей унеможливорює їх поточний ремонт в умовах заводу. У цьому випадку ефективним і єдино можливим є використання мобільного портативного технологічного обладнання для механічної обробки відновлених і приєднувальних поверхонь недемонтуємих великогабаритних деталей і вузлів турбоагрегатів. Особливістю таких верстатів є мобільність або можливість їх використання за місцем служби машини, яку ремонтують, а також те, що роль стаціонарного блоку (станіни) верстата може виконати сама деталь, що відновлюється [1]. Разом із тим, вищезазначені характерні особливості мобільного устаткування обумовлюють підвищені вимоги до його жорсткісних та динамічних характеристик із метою забезпечення стійкості робочих режимів обладнання та необхідної точності обробки.

Доповідь присвячено результатам математичного скінчено-елементного моделювання шпинделя портативного розточувального верстату для спільної обробки осьових отворів фланцевих з'єднань турбоагрегатів. Наводяться результати розрахунків напружено-деформованого стану шпинделя від дії робочих навантажень, а також частот та форм його власних коливань. Аналізується вплив пружної податливості суміжних конструктивних елементів, таких як підшипники, основні деталі корпусу та кріплення, на результати, особливо на власні частоти коливань конструкції.

Результати розрахунків, зокрема, демонструють незначний вплив розглянутих суміжних конструктивних елементів на жорсткісні та частотні характеристики шпинделя, що зі свого боку підтверджує вірність обраного конструктивного рішення для мобільного верстату в цілому.

Література:

1. Пермяков О.А. Компонування мобільних верстатів для ремонту недемонтуємих деталей та вузлів турбоагрегату / О.А. Пермяков, М.Г. Іщенко, О.Б. Киркач, Д.К. Шепелев // Наука та виробництво. – № 20 (2019). – С. 66-72.

ВПЛИВ ТЕПЛОВИДІЛЕННЯ НА ДЕФОРМУВАННЯ ПРИСТРОЇВ МАГНІТНО-ІМПУЛЬСНОЇ ОБРОБКИ

Лавінський Д.В., Морачковський О.К.
*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,
м. Харків*

Високі енергії електромагнітного поля (ЕМП) спостерігаються за умов технологічних операцій електромагнітної обробки матеріалів. Згідно до фундаментального закону Джоуля-Ленца при протіканні електричного струму спостерігаються ефекти тепловиділення, які вносять значні зміни до температурного поля електропровідного тіла. Процеси тепловиділення можуть бути супроводжуваними (як при силовій магнітно-імпульсній обробці (МІО)) та і основними (як у процесах магнітно-імпульсного нагрівання). Питання підвищення міцності пристроїв МІО потребують використання матеріалів (наприклад, немагнітна сталь), у яких тепловиділення при протіканні електричного струму є значно більшим у порівнянні із випадками використання традиційних матеріалів, наприклад, міді. У цьому випадку розрахункові дослідження розподілу температурного поля є обов'язковими із метою подальшого оцінювання термоміцності.

Розрахункові дослідження можуть проводитись із застосуванням аналітичних підходів або чисельних методів. Спільним для обох видів досліджень є послідовне розв'язання задачі розподілу компонентів ЕМП та задачі теплопровідності, а потім аналізу деформування. Аналітичні дослідження потребують використання різного математичного апарату. Так для розв'язання рівнянь Максвелла, що дають можливість визначити просторово-часові розподіли кількісних характеристик електромагнітного поля, зручно застосовувати метод інтегральних перетворень Лапласа. Винайдені розподіли надають можливість розв'язувати рівняння теплопровідності.

Відзначимо, що аналітичний підхід потребує значних спрощень розрахункової моделі. Чисельні методи, серед яких найбільшу популярність має метод скінчених елементів, у значній мірі позбавлені цих недоліків та надають змоги розглядати розрахункові моделі практично стовідсотково наближені до реальних умов з точки зору конструктивних параметрів, експлуатаційних параметрів так і властивостей матеріалу.

Із застосуванням обох зазначених підходів розв'язано задачу про тепловиділення у кінцічному одновитковому індукторі у двох варіантах виконання: з міді та зі сталі. Одержані просторово-часові розподіли основних характеристик ЕМП та, на цій основі, просторово-часові розподіли температурного поля. Проведені оцінки термоміцності свідчать, що у разі використання сталі, як матеріалу індуктора, рівні напружень збільшуються приблизно на 15 відсотків. Таким чином, використання індукторів із сталі потребує додаткових систем охолодження.

ПОЛЗУЧЕСТЬ ТЕЛ ИЗ АНИЗОТРОПНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Лавинский Д.В, Морачковский О.К., Перепелица А.В., Соломонова Я.В.

*Национальный технический университет
«Харьковский политехнический институт»,
г. Харьков*

В работе сформулированы общие уравнения теории ползучести ортотропных материалов, система уравнений плоских начально-краевых задач теории ползучести и дана их конечно-элементная формулировка. Предложены методы и алгоритмы расчетов анизотропных плоских тел на ползучесть, которые реализованы в данной работе в виде программ для ПЭВМ.

Равновесие любой точки тела в произвольный момент времени при плоском напряженном состоянии или плоской деформации определяется следующей системой уравнений $\sigma_{ij,j} + f_i = 0$, $(i,j=1,2) \quad x_1, x_2 \in V$; $\sigma_{ij} n_j = p_i$, $x_1, x_2 \in S_2$. Движение точек тела при ползучести будем описывать в рамках Лагранжевого подхода: $v_1 = du_1/dt = \dot{u}_1$; $v_2 = du_2/dt = \dot{u}_2$ и при малых

деформациях: $\varepsilon_{11} = \frac{\partial u_1}{\partial x_1}$, $\varepsilon_{22} = \frac{\partial u_2}{\partial x_2}$, $\varepsilon_{12} = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial u_1}{\partial x_2} + \frac{\partial u_2}{\partial x_1} \right)$. Уравнения состояния:

$$\dot{\underline{\varepsilon}} = \frac{\dot{D}}{\sigma_V} \left(\underline{a} + \frac{1}{\sigma_2} [B] \underline{\sigma} \right), \quad \frac{d}{dt} \underline{\omega}^\beta = \phi(\omega, \sigma) [\Omega] (\underline{\sigma}^\beta), \quad \underline{\omega}^\beta(0) = 0, \omega(0) = 0, \quad \frac{d}{dt} \omega = F(\omega, \sigma),$$

$\omega(t_*) = \omega_*$, где $\underline{\omega}^\beta$, ω -вектор составленный по симметричной части тензора повреждаемости векторы $\dot{\underline{\varepsilon}} = (\dot{\varepsilon}_{11}, \dot{\varepsilon}_{22}, \dot{\varepsilon}_{33}, \dot{\varepsilon}_{12}, \dot{\varepsilon}_{23}, \dot{\varepsilon}_{31})^T$, $\phi(\omega, \sigma)$, $F(\omega, \sigma)$ - известные для каждого материала функции, $[\Omega]$ - матрица, составленная из коэффициентов анизотропии свойств поврежденного материала, ω_* , t_* - предельное значение меры и время до завершения повреждаемости при окончании процесса скрытого разрушения в некоторой точке тела, ω - скалярный параметр повреждаемости, $\dot{D} = \underline{\sigma}^T \dot{\underline{\varepsilon}}$ - удельная мощность диссипации ползучести, $\dot{\omega} = \dot{\omega}(\sigma_e, \omega; T)$, $\underline{a} = (a_{11}, a_{22}, a_{33}, 0, 0, 0)^T$ - вектор и $[B]$ - матрица, элементы которых определяют материалыные постоянные, введенные для учета разнсопротивляемости и исходной ортотропии свойств ползучести.

Задачи изотропной ползучести и вязкопластичности плоских тел ранее были успешно разрешены по схеме метода конечных элементов (МКЭ). Эффективность МКЭ в расчетах конструкций позволяет использовать этот метод для расчетов на ползучесть анизотропных тел. Разрешающее уравнение МКЭ в матричной форме имеет вид:

$$[K] \dot{\underline{\delta}} = \underline{\dot{F}} + \underline{\dot{F}}_c, \quad [K] = \sum_e \int_{V^e} [B]^T [D] [B] dV, -$$

глобальная матрица жесткости, которая зависит лишь от упругих характеристик материала тела; $\underline{\dot{F}} = \sum_e \int_{\Sigma_2^e} [N]^T \underline{\dot{p}} d\Sigma$, $\underline{\dot{F}}_c = \sum_e \int_{V^e} [B]^T \underline{\sigma}^* dV$ - векторы, составляющие

глобальный вектор нагружения тела и фиктивных сил, определяемых деформациями ползучести.

ВПЛИВ ТИПУ НАВАНТАЖЕННЯ НА СТАТИЧНУ ПОВЕДІНКУ ФУНКЦІОНАЛЬНО-ГРАДІЄНТНИХ ПОЛОГИХ ОБОЛОНОК НА ПРУЖНІЙ ОСНОВІ

Любицька К.І., Морачковська І.О., Щербініна Т.Є.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,
м. Харків*

Робота присвячена застосуванню запропонованого раніше підходу [1] до розв'язання статичних проблем геометрично нелінійного згину функціонально-градієнтних (FGM) пологих пластин та оболонок, із неканонічною формою в плані. Передбачається, що конструктивний елемент знаходиться під впливом поперечного навантаження різних типів та розташовано на пружній основі.

Постановку було виконано в рамках класичної геометрично-нелінійної теорії. Було розглянуто пологу FGM оболонку із вирізами, властивості матеріалу в якій безперервно змінюються уздовж товщини за степеневим законом Войта.

Лінеаризацію відповідної до постановки системи рівнянь проведено за методом послідовних навантажень [2] з додатковим уточненням за методом Ньютона-Канторовича. Як відомо, розв'язання навіть лінеаризованих рівнянь на кожному кроці лінеаризації є окремою проблемою для загального випадку навантаження, неканонічної геометрії об'єкта та наявності комбінованих умов закріплення. Використання варіаційно-структурного методу R-функцій (RFM) [3] дозволяє вирішити цю проблему та знайти розв'язок задачі в аналітичному вигляді.

В рамках системи POLE-RL було розроблено відповідне програмне забезпечення, що реалізує запропонований підхід. Проведено його тестування, отримані результати для прямокутних пологих оболонок порівняно з даними робіт інших авторів. Розв'язано нові задачі щодо геометрично нелінійного згину оболонкових елементів під дією рівномірно, лінійно та нелінійно розподіленого поперечного навантаження. Зроблено порівнювальний аналіз та висновки з проведеного дослідження.

Література:

1. Любицька К.І., Морачковська І.О., Курпа Л. В. Геометрически нелинейный изгиб функционально-градиентных пластин на упругом основании // Вісник Дніпропетровського університету. Серія «Механіка неоднорідних структур», 2017. Вип. 2(21). - С. 77-88.
2. Петров В.В. Метод последовательных нагружений в нелинейной теории пластин и оболочек. Саратов, 1975. – 119 с.
3. Рвачев В.Л. Теория R-функций и некоторые ее приложения. К., 1982. – 552 с

ОПТИМИЗАЦИЯ ПОСТРОЕНИЯ И ЧИСЛЕННОГО ИНТЕГРИРОВАНИЯ УРАВНЕНИЙ ДИНАМИКИ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ В ССКА КИДИМ

Малахова А.С., Андреев Ю.М.

*Национальный технический университет
«Харьковский политехнический институт»,
г. Харьков*

В докладе освещается продолжение работ [1] по усовершенствованию реализованных в специальной системе компьютерной алгебры (ССКА) КиДиМ [2] алгоритмов аналитического вывода и численного интегрирования дифференциальных уравнений движения пространственно движущихся систем твердых тел на основе векторно-матричной формы общего вариационного уравнения механики.

Показано, что более выгодным является использование обычных 3-хмерных матриц поворота вместо использовавшихся ранее 4-хмерных матриц преобразования координат. При этом для исключения повторных выражений в генерируемых компьютером формулах необходимо вводить промежуточные переменные компонент матриц поворота и векторов сдвига систем координат. То есть, если ранее элементами матриц являлись математические выражения, то сейчас предлагается в качестве элементов этих матриц иметь переменные, формулы для которых есть указанные математические выражения. Это позволит сэкономить при повторных вычислениях этих выражений, так как каждая переменная в КиДиМе имеет флаг[2], показывающий, вычислялась ли она уже или нет. Таким образом исключается повторный счет этих выражений.

Вполне логичным оказалось разделение записи положения связанных со звеньями систем координат и положения и ориентации главных центральных систем координат в этих связанных системах. Таким образом, отдельно задаются положения начал и направления осей систем координат звеньев, и положение их центров, главных осей и тензора инерции в этих системах. Использование постоянства последних параметров упрощает формулы для вычисления скоростей и ускорений точек и звеньев робототехнических систем.

Приведены результаты оценки числа математических операций в уравнениях движения, полученных в КиДиМе, и времени интегрирования в задачах динамики различных систем, в том числе робототехнических.

Литература:

1. Малахова А.С. Ускорение численного интегрирования уравнений динамики механических систем использованием DLL-процедуры расчетов правых частей / А.С. Малахова, Ю.М. Андреев // Информ.техн. : наука, техника, технология, освіта, здоров'я: тези доповідей XXVII міжн.наук.-практиконф. MicroCAD-2019, 15-17 травня 2019 р.: у 4 ч. Ч. I – Харків: НТУ «ХПІ». – С. 83.
2. Андреев Ю. М. Разработка специальной системы компьютерной алгебры динамики машин в объектно-ориентированной среде BORLAND BUILDER C++ / Ю. М. Андреев // Вісник Хмельницького національного університету : Технічні науки. — Хмельницький : Хмельницький національний університет. — 2005. — Ч. 1. — Т. 2. — С. 36—41.

МЕТОДИКА ОЦІНКИ МІЦНОСТІ КОМПОЗИЦІЙНИХ ЛОПАТОК

Мартиненко В.Г.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,
м. Харків*

Ідея застосування полімерних армованих композиційних матеріалів для виготовлення високонавантажених лопаток вентиляторів є достатньо новою. Саме тому спостерігається брак підходів до аналізу міцності таких конструкцій.

Запропонована методика аналізу роботоздатності композиційного пера лопатки турбомашини засновується на мультидисциплінарному підході до вирішення задачі. Завдяки чисельному розв'язанню рівнянь Рейнольдса із підбраною моделлю турбулентності вона розглядає течію газу навколо профілю лопатки, яка шляхом прикладення аеродинамічних навантажень на бічну поверхню пера враховуються при визначенні його статичної міцності. Аналіз стійкості композиційної оболонки та модальний аналіз поєднані із результатами статичного аналізу шляхом врахування в матриці жорсткості конструкції складової, яка обумовлює наявність в ній переднапруженого стану. Це дозволяє говорити про пов'язаність усіх складових методики в комплекс заходів з визначення роботоздатності композиційного пера. Вони були застосовані при проектуванні та аналізі реальної конструкції лопатки вентилятора, що свідчить про практичне значення представленої методики.

Наведений в роботі підхід дозволив оцінити статичну міцність, стійкість та рівень відстройки композиційного пера лопатки вентилятора від резонансних режимів на прикладі конструкції вентилятора головного провітрювання шахти із діаметром робочого колеса 3,2 м. Матеріалом пера лопатки виступає односпрямований склопластик, який є дешевим та поширеним композиційним матеріалом й, окрім того, технологічним на етапі виготовлення деталі. Недивлячись на його порівняно із іншими композитами низькі міцнісні та жорсткісні характеристики, завдяки вдалому поєднанню різних товщин бічної поверхні пера та додавання в нього внутрішніх ребер жорсткості вдалось досягти високих показників міцності, стійкості та надійності. В ході комплексного структурного аналізу композиційного пера лопатки вентилятора були проведені розрахунки аеродинамічних навантажень на перо, оцінка його статичної міцності, аналіз стійкості композиційної оболонки під дією тиску повітря, а також знайдені власні частоти та форми коливань конструкції.

Окрім того, наведена методика може використовуватись при проектуванні композиційних елементів інших турбомашин, зокрема турбін, компресорів, вітрогенераторів, гвинтових двигунів, тощо.

Її перевагами у порівнянні із підходами, що використовуються на практиці при синтезі конструкцій подібного типу, є уточнені кількісні результати. Це уточнення досягається врахуванням впливу аеродинамічних навантажень при розрахунках статичної міцності, врахуванням дії статичних навантажень при визначенні власних частот коливань, забезпеченням стійкості композиційної оболонки шляхом проведення відповідного аналізу, можливістю завдання різних товщин бічної поверхні оболонки та форми її посилюючих ребер, тощо.

СПОСІБ ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІЧНОЇ ПОВЕДІНКИ РОТОРІВ ГАЗОТУРБІННОЇ УСТАНОВКИ В АКТИВНИХ МАГНІТНИХ ПІДШИПНИКАХ З ТЕСТОВОЮ ЖОРСТКІСТЮ

Мартиненко Г.Ю.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,
м. Харків*

Дослідження динамічної поведінки роторів різних роторних машин, зокрема газотурбінних установок (ГТУ, див. рис. 1), з активними магнітними підшипниками (АМП) можливе з використанням різних підходів та засобів [1].

Запропоновано виконувати аналіз вимушених коливань при різних режимах роботи системи управління (СУ) АМП на підставі запропонованого в [2, 3] теоретичного підходу за допомогою створеної на його основі нелінійної імітаційної обчислювальної моделі динаміки роторів в магнітних підшипниках (ІОМ-ДРМП-Н). Результати наведено у вигляді амплітудно-частотних характеристик при дії власної незрівноваженості роторів (рис. 1). Верифікацію та доведення переваг запропонованого способу моделювання виконано порівняльним аналізом з власними результатами, що отримано із застосуванням скінченно-елементного підходу, та результатами інших авторів.

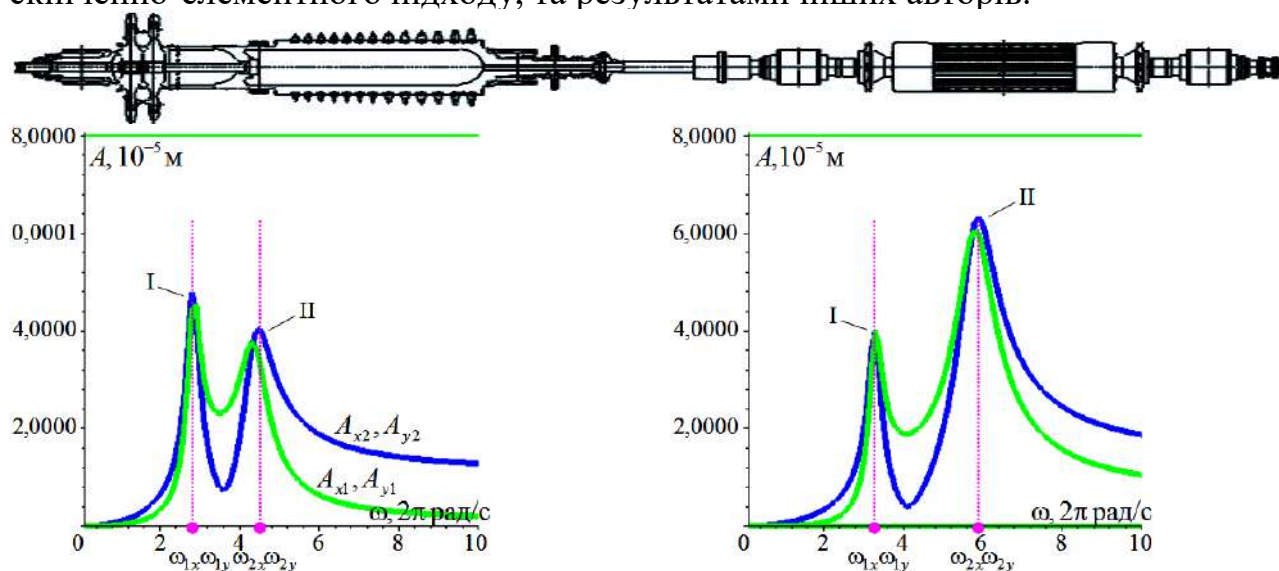


Рис. 1. Результати аналізу вимушених коливань роторів ГТУ (маса 11 т) при жорсткості всіх АМП 1 МН/м – турбокомпресора (зліва) і генератора (справа)

Література:

1. Мартиненко Г.Ю., Мякинников С.С. Интегрированное программное средство для численного анализа динамики роторов на различных опорах. *Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут»*. Харків, 2012. №55(961). С. 117-131.
2. Мартиненко Г.Ю. Математическое описание динамического поведения ротора в магнитных подшипниках в зависимости от принятых упрощений. Часть 1. Жесткий ротор. *Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут»*. Харків, 2009. №30. С. 95-119.
3. Martynenko G. Application of Nonlinear Models for a Well-Defined Description of the Dynamics of Rotors in Magnetic Bearings. *Eureka: Physics and Engineering*. Tallinn, 2016. Number 3. Pp. 3-12.

МОДЕЛЮВАННЯ ПРУЖНО-ДЕМПФЕРНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ОПОР РОТОРНИХ СИСТЕМ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ МОЖЛИВОСТЕЙ МЕТОДУ СКІНЧЕННИХ ЕЛЕМЕНТІВ

Мартиненко Г.Ю.¹, Марусенко О.М.²

¹ *Національний технічний університет*

«Харківський політехнічний інститут»,

² *Інститут проблем машинобудування*

ім. А.Н. Підгорного НАН України, м. Харків

Дослідження динамічної поведінки складних роторних систем (турбодетандер, компресор) передбачає використання сучасних розрахункових комплексів. Натеper найбільш поширеним методом аналізу, який у них використовується, є метод скінченних елементів. Створені при цьому математичні моделі досліджуваних систем повинні забезпечувати можливість урахування їх пружно-демпферних властивостей, зокрема при використанні опор типу підшипники кочення, ковзання, магнітні. Моделювання такого типу опор здійснюється із використанням спеціальних скінченних елементів, які мають різні характеристики (твердість, демпфування, температура, опір тощо) залежно від аналізу, який необхідно застосувати.

Широко використовуються односпрямовані елементи з можливістю включення і виключення властивостей під час аналізу, які можуть керувати тепловим потоком як функцією температури (термостат), демпфуванням як функцією швидкості (механічний демпфер), опором потоку як функцією тиску (запобіжний клапан), тертям як функцією зсуву (фрикційна муфта) тощо. Існує можливість завдання маси елементів у кожній з вузлових точок.

Елементи розтягування-стискання використовуються як циліндрична цапфа або стискаючий демпфер, сили тиску обчислюються на підставі довжини.

Існують елементи, для яких точна геометрія не визначена, але пружна кінематична характеристика може бути задана жорсткістю, в'язким демпфуванням або структурним демпфуванням у діагональній матричній формі у системі координат елемента.

Досить часто використовуються поздовжні пружинні демпфери – елементи одноосного розтягування-стискання. Вони є чисто обертовими елементами із трьома ступенями свободи у кожному вузлі, без урахування вигинаючих і осьових навантажень. Попереднє навантаження на пружину задається через початкову довжину або початкову силу.

У деяких випадках застосовуються односпрямовані елементи із нелінійною узагальненою здатністю відхилення сили.

У роботі побудована балочно-масова скінченно-елементна модель ротора. Як опори використовуються магнітні підшипники, які представляються комбінацією пружних і демпферних скінченних елементів із використанням накладення елементів один на інший. Розв'язується задача про вимушені коливання ротора з урахуванням характеристик жорсткості і демпфуючих властивостей.

ДОСЛІДЖЕННЯ СТІЙКОСТІ НЕЛІНІЙНИХ НОРМАЛЬНИХ ФОРМ КОЛИВАНЬ ПРИ СТОХАСТИЧНОМУ ЗБУДЖЕННІ

Міхлін Ю.В., Руднєва Г.В.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,
м. Харків*

Дослідження нелінійних нормальних форм коливань (NNMs) є важливою частиною загального аналізу динамічних систем. Різні теоретичні аспекти теорії NNMs та її застосування представлені в численних публікаціях, зокрема, в [1,2]. NNMs, що мають прямолінійні траєкторії в конфігураційному просторі, вперше були виявлені в деяких суттєво нелінійних системах Розенбергом [3].

Численні публікації присвячені дослідженню поведінки динамічних систем під стохастичним збудженням. У зв'язку з цим запропоновано різні теоретичні та чисельні процедури, що представлено, зокрема, у [4,5].

В цій роботі розглядається нелінійна система з двома степенями свободи при стохастичному збудженні, що має від двох до чотирьох нелінійних нормальних форм коливань з прямолінійними траєкторіями в конфігураційному просторі. Вплив випадкового збудження на стійкість NNMs аналізується за допомогою чисельно-аналітичного методу [4], що впливає з відомого визначення стійкості за Ляпуновим.

Показано, що запропонований метод може бути успішно використано при аналізі стійкості NNMs в системі з двома степенями свободи при випадковому збудженні білим шумом. Отримано межу областей стійкості/нестійкості в площині параметрів системи, включаючи параметр інтенсивності збудження. Досліджено вплив стохастичного збудження на синфазну та антифазну нелінійні нормальні форми. Досліджено також вплив на стійкість NNMs іншого типу стохастичного збудження, породженого детермінованим хаосом.

Література:

1. Yu.V. Mikhlin, K.V. Avramov, Nonlinear normal modes for vibrating mechanical systems. Review of theoretical developments, Appl. Mech. Rev. 63 (2010) 4–20.
2. K.V. Avramov, Yu.V. Mikhlin, Review of applications of nonlinear normal modes for vibrating mechanical systems, Appl. Mech. Rev. 65 (2) (2013) (20 pages).
3. R. Rosenberg, Nonlinear vibrations of systems with many degrees of freedom, Adv. Appl. Mech. 9 (1966) 156–243.
4. Mikhlin Yu.V., Shmatko T.V., Manucharyan G.V. (2004) Lyapunov definition and stability of regular or chaotic vibration modes in systems with several equilibrium positions. Computer & Structures **82**: 2733–2742.
5. Z. Schuss, Theory and Applications of Stochastic Processes, Vol. 170 of Applied Mathematical Sciences, Springer New York, New York, NY, 2010.
6. A. Preumont, Random Vibration and Spectral Analysis, Kluwer Academic Publishers, 1994.

ЧИСЕЛЬНИЙ АНАЛІЗ ПАРАМЕТРІВ КОЛИВАНЬ ЛОПАТОК П'ЯТОЇ СТУПЕНІ З ПОШКОДЖЕННЯМИ ТА МЕХАНІЧНОЮ ОБРОБКОЮ

Ольховський А.С.

*Інститут проблем машинобудування
ім. А.М. Підгорного НАН України,
м. Харків*

Лопатковий апарат сучасних турбін є найбільш відповідальною і напруженою їх частиною. На робочі лопатки діють інтенсивні статичні і динамічні навантаження. Коливання представляють основну небезпеку для лопаткового апарату турбомашин. Розглядаються лопатки останніх ступенів турбіни К-1000-60/3000 виготовлених з титанового сплаву.

На основі скінченно-елементної моделі лопатки проведено її модальний аналіз без пошкоджень і з ушкодженнями, що дозволило виявити локалізацію відносних напружень в місцях пошкоджень. Проведено розрахунок лопатки на вимушені коливання під дією умовного навантаження. На основі досвіду експлуатації компресорних лопаток ГТД з титанових сплавів рекомендовано проводити механічну обробку лопаток в зонах пошкоджень. Така обробка знижує концентрацію напружень, що сприяє підвищенню межі втоми та подовженню ресурсу.

РОЗРАХУНКОВА ОЦІНКА СЕРЕДНЬОЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ПОКАЗНИКІВ АВТОМОБІЛЬНОГО ДВИГУНА ІЗ СИСТЕМОЮ ВІДКЛЮЧЕННЯ ЦИЛІНДРІВ

Осетров О.О., Кравченко Д.М., Жуковський Є.І.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,
м. Харків*

Відключення циліндрів автомобільних двигунів є ефективним заходом покращення паливної економічності. В роботі для двигуна МЕМЗ 307 запропоновано систему відключення двох циліндрів на режимах малих та середніх навантажень і частот обертання. Циліндри відключаються за допомогою рухомих кулачків у складі розподільного валу. Кулачки складаються з двох профілів - робочого і нульового. У відключеному положенні кулачки контактують з коромислом нульовим профілем, що деактивує відповідний клапан. Подібна система застосовується на двигунах фірми Volkswagen 1,4 л 103 кВт TSI, проте відрізняється від запропонованої конструкцією розподільного вала і профілем деактивуючої канавки.

Для визначення показників двигуна в експлуатації застосовують розрахункові або експериментальні дослідження автомобіля при його русі на режимах випробувальних циклів. В Європейських країнах широко використовується комбінований цикл NEDC. Цикл складається з двох частин, що імітують рух автомобіля в умовах міста і поза містом.

В роботі за основу прийнятий розрахунково-експериментальний метод визначення параметрів двигуна на режимах випробувального циклу [1]. Відповідний цикл розбивається на ділянки (режими) тривалістю 1 с, в яких швидкість руху автомобіля і параметри роботи двигуна не змінюються. На кожному режимі проводиться моделювання робочого процесу двигуна та визначаються параметри паливної економічності і токсичності відпрацьованих газів двигуна. Ці параметри корегуються експериментальними коефіцієнтами, що представляють собою відношення між показниками двигуна на режимах стаціонарного руху і режимах розгону/гальмування за тієї ж швидкості руху транспортного засобу. Математичною обробкою параметрів на усіх режимах випробувального циклу отримують середньо-експлуатаційні показники двигуна.

З використанням математичного моделювання визначено середньо-експлуатаційні показники двигуна МЕМЗ 307 із запропонованою системою відключення циліндрів у складі автомобіля ЗАЗ СЕНС. Показано, що шляхова витрата палива зменшується з 12 л/100 км до 9 л/100 км. Отримані дані добре корелюються з іншими літературними джерелами.

Література:

1. Осетров О.О. Розрахункова оцінка середньоексплуатаційної паливної економічності двигуна легкового автомобіля / О.О. Осетров, Д.С. Альохін, О.М. Бекарюк, // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Збірник наукових праць. Серія: Математичне моделювання в техніці та технологіях. – Х. : НТУ «ХПІ». – 2018. – № 3 (1279). – С. 103–109.

ВИЗНАЧЕННЯ ДОПУСТИМИХ АМПЛІТУД ВІБРАЦІЙ ОСНОВИ БЕЗПЛАТФОРМЕНОЇ ІНЕРЦІЙНОЇ НАВІГАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ

Погорілов С.Ю., Хавін В.Л., Хавіна І.П.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,
м. Харків*

У сучасній авіаційно-космічній техніці широко використовуються безплатформені інерційні навігаційні системи (БІНС) на основі волоконно-оптичних гіроскопів (ВОГ). Вібрації всієї збірки БІНС, що порушують напрямки осей чутливості приладу, вимагають окремого аналізу для кожної конкретної компоновки систем БІНС, що використовують ВОГ. В рамках виконання наукових досліджень по створенню безплатформеної інерційної навігаційної системи (БІНС) на основі волоконно-оптичних гіроскопів ОИУС501 виникла необхідність визначення максимально допустимих амплітуд вібрацій основи для конкретної конфігурації збірки блоку БІНС.

У роботі розглянуто підхід до визначення допустимих амплітуд зовнішніх впливів на блок безплатформеної інерційної навігаційної системи на основі волоконно-оптичних гіроскопів.

Метою роботи є визначення максимально допустимих амплітуд вібрацій, що впливають на корпус БІНС, за допустимими величинами відхилення осей чутливості ВОГ. Рішення такого завдання вимагає використання сучасних чисельних методів, наприклад, методу скінченних елементів (МСЕ).

Для досягнення поставленої мети вирішені наступні завдання:

- розробка розрахункової схеми і скінчено-елементної моделі приладу БІНС,
- моделювання впливу зовнішнього вібраційного впливу на відхилення осей чутливості приладу БІНС,
- визначення граничних значень амплітуд зовнішнього вібраційного впливу в робочому діапазоні частот.

Розроблено розрахункову схему, математичну і скінчено-елементну моделі для розрахунку власних частот і вимушених коливань блоку безплатформеної інерційної навігаційної системи.

У різних частотних діапазонах чисельними розрахунками визначені граничні значення амплітуд зовнішнього гармонійного впливу на основу конкретної конфігурації збірки БІНС. Встановлено, що величина граничних амплітуд зовнішнього впливу на експлуатаційних частотах досить велика, а небезпечний стан починається в області суттєво більш високих частот.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СИЛ, ПРИЛОЖЕННЫХ К ГОЛЕНОСТОПНОМУ МЕХАНИЗМУ ПРИ ХОДЬБЕ АНДРОПОДОБНОГО РОБОТА

Серета Ю.О., Андреев Ю.М.

*Национальный технический университет
«Харьковский политехнический институт»,
г. Харьков*

В работе рассмотрена комплексная задача расчета сил, приложенных к деталям голеностопного механизма и к стопам нижних конечностей человекоподобного робота со стороны поверхности ходьбы. При этом выделяются одноопорная и двухопорная фазы ходьбы и задача на них решается разными средствами. Законы изменения сил на деталях голеностопного механизма - валиках крестовины и стопы необходимы для моделирования в дальнейшем показаний тензодатчиков, расположенных на валиках голеностопного механизма. Решение задачи частично проводится с помощью специальной системы компьютерной алгебры (ССКА) КиДиМ и с помощью, составленной на языке C++ программы. При этом используется алгоритм решения прямой и обратной задачи кинематики голеностопного механизма как многотельной пространственной системы.

Расчет сил на подошвах опорных стоп производится согласно квазистатическому методу на основе принципа д'Аламбера-Лагранжа, а также применением динамического метода с моделированием сил реакций на стопах упругими и диссипативными линейными взаимодействиями. В первом случае приходится отдельно рассматривать периоды одноопорной и двухопорной фаз ходьбы. Проводится сравнение двух методов.

Далее для каждого момента времени ходьбы робота составляются 12 уравнений равновесия двух взаимодействующих частей голеностопного механизма и находятся 12 неизвестных сил на его валиках – 7 на ступне и 5 – на крестовине по определенным выше силам, приложенным к подошвам опорных ног. Эта задача решается программированием на C++.

В докладе демонстрируются результаты решения указанных задач на примере проектируемого андроподобного робота.

Литература:

1. Андреев Ю. М. Новая система компьютерной алгебры для исследования колебаний структурно-сложных голономных и неголономных систем твердых тел / Ю. М. Андреев, О. К. Морачковский // Надежность и долговечность машин и сооружений : междунар. науч.-техн. сбор. НАН Украины. — К.: ИПП им. Писаренко Г. С., Ассоциация «Надежность машин и сооружений», 2006. — Вып. 26. — С. 11—18.
2. Андреев Ю. М. Разработка специальной системы компьютерной алгебры динамики машин в объектно-ориентированной среде BORLAND BUILDER C++ / Ю. М. Андреев // Вісник Хмельницького національного університету : Технічні науки. — Хмельницький : Хмельницький національний університет. — 2005. — Ч. 1. — Т. 2. — С. 36—41.

ТОПОЛОГИЧЕСКАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ КОНСТРУКЦИИ НЕСУЩИХ РАМ ПРИЦЕПНЫХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ АГРЕГАТОВ

Симсон Э.А., Панов А.В.

*Национальный технический университет
«Харьковский политехнический институт»,
г. Харьков*

Проектирование современной прицепной сельскохозяйственной техники требует при разработке несущих конструкций наряду с безусловным обеспечением прочностных характеристик, также - поддержания веса конструкции в четких границах, диктуемых с одной стороны требованиями эффективной почвообработки, а с другой – снижением материалоемкости.

При этом необходимо учитывать, что существует несколько режимов нагружения рамы, кардинально отличающихся пространственным распределением нагрузок: собственно обработка почвы, разворот, процесс складывания/раскладывания агрегата в транспортное положение, транспортировка и др. Более того, - сам процесс почвообработки характеризуется стохастическим нагружением, так что прочностной расчет имеет смысл выполнять для «наихудшего» нагружения, поиск которого превращается в самостоятельную проблему.

Однако современные программные продукты топологической оптимизации реализуют достаточно примитивную логику оптимизации по критериям «вес – прочность» путем пошагового отбрасывания недогруженных конечных элементов и итерационного формирования таким образом равнонагруженной конструкции. Разумеется, эта численная технология применима при определенной, «фиксированной» картине нагружения.

В связи с этим возникает необходимость разработки эвристических алгоритмов топологической оптимизации и многоуровневых методик расчета рамных конструкций, ориентированных на прочностно-весовую оптимизацию при многовариантном нагружении.

В докладе рассматриваются основные элементы разработки и численной реализации таких алгоритмов на примере моделирования и оптимального проектирования семейства рам прицепных почвообрабатывающих агрегатов «LozovaMachinery», производства индустриальной группы УПЭК.

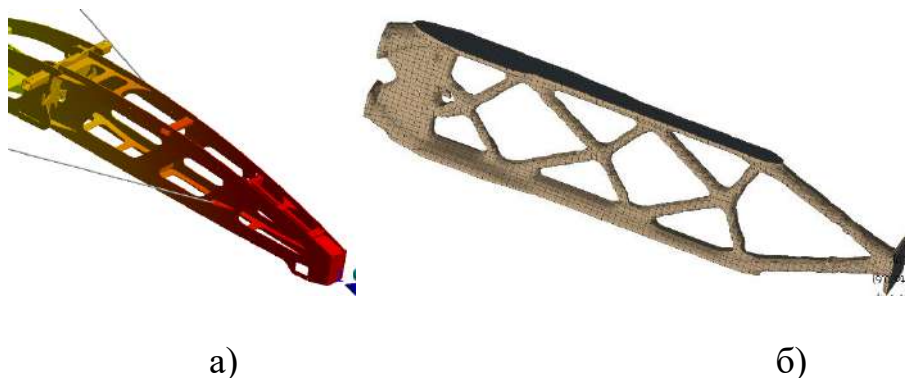


Рис. 1 НДС исходной рамы (а) и рамы после топологической оптимизации (б)

ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДУ R-ФУНКЦІЙ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ВІЛЬНИХ ГЕОМЕТРИЧНО НЕЛІНІЙНИХ КОЛИВАНЬ БАГАТОШАРОВИХ ПОЛОГИХ ОБОЛОНОК СКЛАДНОЇ ФОРМИ З РІЗНИМИ ГРАНИЧНИМИ УМОВАМИ

Тимченко Г.М., Кириллова Н.О., Одинцова О.В.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,
м. Харків*

Розробка методів для дослідження динамічної поведінки багатошарових оболонок, які мають складну форму та різні умови закріплення є актуальною проблемою сучасної механіки. Огляд літератури показує, що для оболонок зі складною формою плану в основному використовується чисельний метод скінченних елементів. В наступній роботі запропоновано чисельно-аналітичний метод, який базується на сімісному використанні теорії R-функцій [1] та варіаційних методах. Це дозволяє в аналітичному вигляді будувати системи базисних функцій, які необхідні для вирішення нелінійних задач про коливання шаруватих оболонок з практично довільною формою плану та комбінованими граничними умовами.

В даній роботі розглядається задача про вільні геометрично нелінійні коливання пологих шаруватих оболонок з урахуванням поперечних деформацій зсуву. Математична постановка задачі формулюється в рамках уточненої теорії першого порядку. Завдяки використанню теорії R – функцій та варіаційних методів рівняння руху вдається звести к розв'язанню звичайного диференціального рівняння за часом. Для розв'язання отриманого рівняння використовувався чисельний метод Бубнова-Гальоркіна [2,3]. Методом Рунге-Кутта побудовано амплітудно-частотні криві для одномодового наближення. Вивчено вплив комбінованих граничних умов та інших параметрів (кривини, кількості шарів, геометрії плану) на поведінку амплітудно-частотних характеристик. Числові результати для тестових задач, отримані за допомогою запропонованого методу та створеного програмного забезпечення, добре узгоджуються з тими, що є у літературі.

Література:

1. Рвачев В.Л. Теория R-функций и некоторые ее приложения / В.Л. Рвачев— К.: Наукова думка, 1982. – 552 с.
2. Kurpa Lidiya, Timchenko Galina, Osetrov Andrey, Shmatko Tetyana. Nonlinear vibration analysis of laminated shallow shells with clamped cutouts by the R-functions method // Journal of Nonlinear Dynamics 2018, Vol. 93 (1), pp 133–147
3. Курпа Л.В. Нелинейные свободные колебания многослойных пологих оболочек и пластин с вырезами и различными граничными условиями / Л. В. Курпа, Г. Н. Тимченко, А. А. Осетров // [Вісник НТУ "ХПІ". Серія : Математичне моделювання в техніці та технологіях.](#) - 2018. - № 3. - С. 52-59.

МОДЕЛЮВАННЯ СИЛ МАСЛЯНОГО ШАРУ У ПІДШИПНИКУ КОВЗАННЯ ДОВІЛЬНОЇ ГЕОМЕТРИЧНОЇ ФОРМИ

¹Успенський Б.В., ^{1,2}Сахно Н.Г.

¹Інститут проблем машинобудування ім. А. М. Підгорного

НАН України,

²Національний технічний університет

«Харківський політехнічний інститут»,

м. Харків

При монтажі роторів турбомашин широко використовуються підшипники ковзання як основний складальний вузол для забезпечення обертання вала. Однією з головних проблем використання підшипників ковзання є динамічна нестійкість ротора в підшипнику внаслідок його взаємодії з масляною плівкою. Для уникнення цього явища на заміну циліндричним підшипникам прийшли еліптичні, які забезпечують більшу стійкість роторної системи. З іншого боку, задача визначення розподілу тиску мастила в еліптичному підшипнику є складнішою.

Розвиток машинобудівної галузі приводить до того, що ротори стають дедалі легшими та гнучкішими, з великими робочими швидкостями обертань. Широко використовувані наближені моделі сил масляного шару не дозволяють дослідити великі коливання цапфи ротора в підшипнику.

Динаміка масляного шару в підшипнику описується рівняннями Рейнольдса, які є диференціальними рівняннями другого порядку в часткових похідних. Їхній точний аналітичний розв'язок складно отримати у загальному випадку. Уточнені моделі динаміки масляного шару, які використовують методи скінченних елементів та скінченних різниць, характеризуються великою обчислювальною складністю [1].

Запропоновано методичний підхід до розрахунку сил масляного шару, які діють на ротор в підшипниках ковзання. Він дозволяє оцінювати сили реакції підшипника довільної геометричної форми. Побудовано регресійну модель сил реакції ротора, яка дозволяє швидко оцінювати їхнє значення та знижує обчислювальні витрати, дозволяючи проводити масштабні обчислювальні експерименти. Працездатність методу продемонстровано на прикладі аналізу коливань ротору Джефкота в циліндричних підшипниках ковзання. Проведено порівняння з роботами зарубіжних авторів.

Література:

1. Chen Z.B. An efficient calculation method of nonlinear fluid film forces in journal bearing / Z.B. Chen, Y.H. Jiao, S.B. Xia, Q.H. Huang, Z.M. Zhang // Tribology Transitions. – 2002. – № 25. – P. 477–482.

ЧИ ДОЦІЛЬНО ЗАСТОСОВУВАТИ МОДЕЛЬ КАЧАНОВА ТРИВАЛОГО ТА ВТОМНОГО РУЙНУВАННЯ МАТЕРІАЛІВ?

Федоров В.О.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,
м. Харків*

В доповіді ставиться під сумнів ефективність застосування згаданої моделі [1] в науковій літературі і в прикладних розрахунках.

При постійному напруженні σ час до руйнування визначається по експериментально встановленій залежності $t_* = t_*(\sigma)$. Якщо матеріал піддати змінному в часі навантаженню, то для визначення часу до руйнування зазвичай застосовується модель Качанова. Ця модель використовує поняття параметра пошкодження D , який еволюціонує від початкового значення $D(t=0) = D_0$ до фінального, руйнуючого значення $D(t=t_f) = D_f$ згідно кінетичного рівняння пошкоджуваності $\dot{D} = f(\sigma, D)$.

В літературі застосовується полегшена форма цього закону, де в функції пошкоджуваності змінні розділені: $\dot{D} = f_1(\sigma) / f_2(D)$. Після підстановки програми навантаження $\sigma = \sigma(t)$ в це рівняння пошкоджуваності і інтегрування від початкового стану до руйнування отримаємо правило лінійного

підсумовування пошкоджень (ПЛПП) $\int_0^{t_f} \frac{dt}{t_*(\sigma(t))} = 1$ незалежно від виду функцій

$f_1(\sigma)$, $f_2(D)$ та значень D_0 і D_f . Аналогічний висновок є справедливим і для втомного руйнування.

Ідентичність математичної моделі Качанова і ПЛПП ставить питання про доцільність використання цієї моделі. Дійсно, визначення часу руйнування t_f за ПЛПП є елементарним. В той же час для отримання тотожного результату за моделлю Качанова необхідно вирішити наступні проблеми: вибір виду функцій $f_1(\sigma)$, $f_2(D)$ вибір значень D_0 і D_f , а також розв'язок відповідної початкової задачі. Для окремих видів моделі Качанова їх ідентичність ПЛПП відзначалась в літературі і раніше[2].

Література:

1. Качанов Л.М. О времени разрушения в условиях ползучести. *Изв. АН СССР. ОTH.* 1958. № 8. С. 26-31.
2. Гольденблат И.И., Копнов В.А. Критерии прочности и пластичности конструкционных материалов. Москва: Машинобудування, 1968. 192 с.

СТАТИЧНИЙ АНАЛІЗ БАГАТО ОПОРНИХ ШПИНДЕЛЬНИХ ВАЛІВ НА НЕЛІНІЙНО-ПРУЖНИХ ОПОРАХ

Хавін В.Л., Киркач Б.М., Хавіна І.П.
*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,
м. Харків*

Статичний і динамічний аналіз конструкцій шпиндельних вузлів грає важливу роль в забезпеченні ефективності і точності роботи сучасних багатоцільових верстатів, що оснащуються багато опорними шпиндельними вузлами з широкою гамою підшипників, які застосовуються.

В роботі запропоновано універсальний підхід і математична модель для статичного аналізу багато опорних шпиндельних валів на нелінійно пружних опорах. На основі диференціального рівняння зігнутої осі балки в рамках моделі Тимошенко в матричній формі отримані система рівнянь, нелінійність якої формується за рахунок залежності жорсткості підшипників від діючих на них зусиль.

На основі виразів для радіальної деформації отримані нелінійні залежності жорсткості шарикопідшипників від радіального зовнішнього зусилля. Запропоновано метод вирішення нелінійної системи рівнянь і для пакета MatLAB розроблено програмне забезпечення, що реалізує статичний аналіз багато опорних шпиндельних валів на нелінійно - пружних опорах. Для тестування запропонованого підходу проведені розрахунки по статичному аналізу розрахункової схеми двохопорного шпиндельного вала. Результати розрахунків показали якісне збіг з аналітичною моделлю, облік нелінійної жорсткості підшипників дозволив підвищити точність розрахунків в середньому на 10%.

Запропонований підхід дає можливість проводити статичний аналіз багато опорних шпиндельних валів на нелінійно-пружних опорах, що дозволяє підвищити точність статичного аналізу і якість проектування високоточних шпиндельних вузлів.

SPECTRAL DECOMPOSITIONS OF RANDOM SEQUENCES OF AN INFINITE RANK OF NON-STATIONARY

Cheremskaya N.V.
National Technical University
«Kharkiv Polytechnic Institute»,
Kharkiv

The paper deals with the problem of spectral decomposition of an infinitive rank of non-stationary.

Using difference and functional equations associated with operator knot, we construct the spectral decompositions of random sequences of an infinite rank of non-stationarity, which are considered as sequences in the relevant Hilbert space H .

Theorem. When $x(n) = A^n x_0$ ($n \geq 0$) (A – linear bounded operator in Hilbert space H , $x_0 \in H$) complete dissipative sequence of finite quasi-rank, then for each n there are two sequences $z_k(n)$ and $u_k(n)$: $z_k(n) = \psi_k(n) z_k$, $M z_k \overline{z_j} = \delta_{kj}$, where δ_{kj} – Kronecker symbol.

$\psi_k(n)$ – a determinized sequence for each n , and there is a presentation

$$x_n = \sum_{k=1}^{\infty} z_k(n) = \sum_{k=1}^{\infty} \psi_k(n) z_k.$$

Sequences $u_k(n)$ are canal:

$$u_k(n) = \sum_{\alpha=1}^N u_k^{(\alpha)}(n) a_{\alpha}.$$

At that, $u_k^{(\alpha)}(n) = \langle u_k(n), a_{\alpha} \rangle_E = M u_k(n) \overline{a_{\alpha}}$, $M a_{\alpha} \overline{a_{\beta}} = \langle a_{\alpha}, a_{\beta} \rangle_E = \delta_{\alpha\beta}$, where $\delta_{\alpha\beta}$ – Kronecker symbol.

The functions of the discrete argument $\psi_k(n) = u_k^{(\alpha)}(n)$ are determined from the system of the first order recurrent difference equations:

$$i\psi_k(n+1) + \lambda_k \psi_k(n) = \sum_{\alpha=1}^r u_k^{(\alpha)}(n) \sqrt{\omega_{\alpha}} M a_{\alpha} \overline{z_k} u_k^{(\alpha)}(n);$$

$$\psi_k(n) \Big|_{n=0} = \psi_k(0);$$

$$u_{k+1}^{(\alpha)}(n) = u_k^{(\alpha)}(n) - i\sqrt{\omega_{\alpha}} M a_{\alpha} \overline{z_k} \psi_k(n);$$

$$u_k^{(\alpha)}(n) \Big|_{k=0} = 0, \quad u_k^{(\alpha)}(n) = M u_k(n) \overline{a_{\alpha}},$$

where λ_k – operator's own numbers A , a ω_{α} – operator's own numbers $2 \operatorname{Im} A$.

МОДЕЛЮВАННЯ ВИСОКОШВИДКІСНОГО ДЕФОРМУВАННЯ ТА РОЗДІЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЙ З ПОЛІКРИСТАЛІЧНИХ МАТЕРІАЛІВ ПРИ ВИСОКИХ І НИЗЬКИХ ТЕМПЕРАТУРАХ

^{1,2}Чернобрыкко М.В., ¹Тишковець О.В., ²Біблік І.В.

¹*Національний технічний університет*

«Харківський політехнічний інститут»,

²*Інститут проблем машинобудування ім. А. М. Підгорного*

НАН України, м. Харків

В сучасній промисловості для автоматичного розділення корпусних елементів конструкцій використовують детонуючі пристрої на основі герметичних кумулятивних зарядів. Під час спрацювання пристрою конструкція навантажується імпульсним динамічним тиском, який при правильному виборі заряду й спричинює розділення конструкції. На етапі проектної розробки вибір міцності заряду доцільно проводити на основі даних математичного моделювання високошвидкісного деформування й руйнування конструкції, а експериментально досліджувати тільки механічні властивості зразків матеріалу.

За результатами експериментальних досліджень високошвидкісного деформування полікристалічних матеріалів границя плинності зростає внаслідок збільшення швидкості деформації[1]. Але підвищення температури навіть до 50 °С зменшує матеріал та зменшує статичну границю плинності, а зниження температури до -70 °С спричинює зміну статичної границі плинності та інших механічних характеристик матеріалу. Найважливішою проблемою математичного моделювання задач високошвидкісного деформування та руйнування конструкційних елементів є урахування всіх фізичних факторів, що впливають на напружено-деформований стан.

Зазначимо, що при чисельному моделюванні розділення при високих і низьких температурах вплив температури відслідковується двічі: по-перше, фізичні характеристики металу під час пружного деформування залежать від загальної температури протікання процесу; а по-друге, на процеси в обмеженій області великих пластичних деформацій впливає локальний розігрів, зв'язаний зі швидкісним деформуванням матеріалу, що спричинює утворення адіабатичних смуг зсуву [2-3].

Література:

1.Chernobryvko M.V., Kruszka L., VorobievYu. S. Thermo-elastic-plastic Constitutive Model for Numerical Analysis of Metallic Structures under Local Impulsive Loadings // Applied Mechanics and Materials. – 2014. Vol. 566. – P. 493-498.

2. Dynamic failure time of the truncated conical shell under the local impulse / M. Chernobryvko, K. Avramov, Y. Mesha, A. Tonkonogenko, L. Kruszka // Proceedings of the 7th International Conference on Mechanics and materials in design (M2D2017) 11-15 June 2017. – Albufeira/Portugal. – P. 1521-1522.

3. Model of segmentation of rocket fairings due to the action of a cumulative charge / M. Chernobryvko, K. Avramov, B. Uspensky, A. Tonkonogenko, L. Kruszka // EDP Sciences: EPI Web of Conferences. 2018. № 183, 04009. P. 1-4.

ВИЗНАЧЕННЯ ПОВЕРХНІ ПЛАСТИЧНОСТІ ГЕТЕРОГЕННОГО МАТЕРІАЛУ НА ОСНОВІ АНАЛІЗУ СТАТИСТИЧНО ЕКВІВАЛЕНТНОЇ МІКРОСТРУКТУРИ

Шаповалова М.І., Водка О.О.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,
м. Харків*

Визначення механічних властивостей матеріалу та виявлення умов, при яких виникають пластичні деформації — одне із важливих завдань матеріалознавства. Для запобігання руйнуванню машинних елементів та інженерних конструкцій важливу роль відіграє момент встановлення переходу матеріалу з пружного у пластичний стан. Наявність залишкових деформацій у тілі після зняття зовнішнього навантаження свідчить про зміщення частини кристала, що значно перевищує відстань між атомами в кристалічній решітці. Знаходження поверхні початку пластичності матеріалу дозволяють визначати вірогідність виникнення незворотних залишкових перетворень у внутрішній структурі матеріалу, та вчасно попереджувати руйнування важливих вузлів та конструкцій.

Ця робота спрямована на аналіз мікроструктури чавуну, для визначення поверхні пластичності матеріалу. Високоміцний чавун на мікрорівні має неоднорідну структуру. Традиційний підхід визначення критерію плинності полягає у заміні складної структури досліджуваного зразка на однорідну.

Запропонований спосіб описує функцію пластичності чавуну з різними внутрішніми структурами. Цей метод дозволяє генерувати інформацію відносно поверхонь плинності таких матеріалів для подальшого комп'ютерного аналізу структурних елементів.

В якості вихідних даних для розрахунків беруться результати попередніх досліджень мікроструктури чавуну. Пружні характеристики матеріалу отримані методом штучної генерації статистично еквівалентної внутрішньої структури елемента. Визначається залежність пружних характеристик матеріалу від концентрації включень графіту сферичної форми у фериті, на одиницю площини. Проводяться випробування для чотирьох типів навантаження зразків: вздовж осі X, осі Y, одночасно розтягування по обох осях та зсуву. Досліджуються плоскі мікроструктури, тому напружений стан розраховується на основі плоских моделей. Наведено гістограми еквівалентного розподілу напружень по поверхні розглянутого матеріалу. Оцінюється розподіл щільності ймовірності. Функція визначення пропускну здатності будується за допомогою ядрового методу оцінки.

Аналізуючи діаграми розтягування для структурних компонент чавуну (графіту і фериту), задається межа плинності. На основі статистично еквівалентних моделей проводяться чисельні експерименти навантаження зразків, для досягнення теоретично відомого запасу межі плинності. Отримані дані дають можливість побудувати поверхню початку пластичності для досліджуваного матеріалу.

КИНЕМАТИЧЕСКОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПОХОДКИ АНДРОПОДОБНОГО РОБОТА С ЗАДАНЫМИ ЗАКОНАМИ ДВИЖЕНИЯ СТОП В ПРОСТРАНСТВЕ

Ярошенко А.А., Андреев Ю.М.

*Национальный технический университет
«Харьковский политехнический институт»,
г. Харьков*

В докладе освещается продолжение опубликованных ранее работ [1] в направлении усовершенствования алгоритма и реализации кинематического проектирования походок человекоподобных роботов. До сих пор расчеты походок антропоморфных роботов основывались на предположении о том, что плоскость стопы ноги робота при переносе остается параллельной плоскости ходьбы (горизонтальной чаще всего) и ориентированной постоянно вдоль линии ходьбы. Целью данной работы есть усложнить закон переноса стопы, тем самым приблизиться к реальным походкам людей.

Существующий алгоритм кинематического расчета походки опирается на решение методом Ньютона 12-ти нелинейных уравнений для каждого момента времени для одноопорной и двухопорной фаз ходьбы. Из этих 12-ти уравнений 6 отвечают за ориентацию стоп в пространстве. В работе получены новые 6 уравнений, по 3 на каждую стопу, отвечающие произвольной, заданной углами Крылова, ориентации стоп. С одной стороны, ориентация каждой стопы задается значением 6-ти обобщенных координат на каждой ноге – углами в сочленениях, с другой стороны она задана углами Крылова. Отсюда вытекают искомые уравнения. Эти выражения трансцендентны и могут быть решены только приближенно. При этом зависимости ориентации стоп от обобщенных координат получаются с помощью системы компьютерной алгебры (ССКА) КиДиМ [2].

В работе опробованы разные законы движения стоп в пространстве в фазе переноса и получены походки, визуально похожие на реальные.

В докладе демонстрируются результаты расчетов одной из походок антропоморфного робота с 12 степенями свободы нижних конечностей.

Литература:

1. Ярошенко А.А. Проектирование ходьбы антропоморфного робота решением обратной задачи кинематики на основе определения движения центра масс / А.А. Ярошенко, Ю.М. Андреев // Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доповідей XXVII міжнародної науково-практичної конференції MicroCAD-2019, 15-17 травня 2019 р.: у 4 ч. Ч. I / за ред. проф. Сокола Є.І. – Харків: НТУ «ХПІ». – С. 83.
2. Андреев Ю. М. Новая система компьютерной алгебры для исследования колебаний структурно-сложных голономных и неголономных систем твердых тел / Ю. М. Андреев, О. К. Морачковский // Надежность и долговечность машин и сооружений : междунар. науч.-техн. сбор. НАН Украины. — К.: ИПП им. Писаренко Г. С., Ассоциация «Надежность машин и сооружений», 2006. — Вып. 26. — С. 11—18.

СЕКЦІЯ 3. ТЕХНОЛОГІЯ ТА АВТОМАТИЗОВАНЕ ПРОЕКТУВАННЯ В МАШИНОБУДУВАННІ

РОЗРОБКА НОЖИЧНОГО ПІДЙОМНИКА ВАНТАЖОПІДЙОМНІСТЮ 1 Т

Алєко Д.О. Стрижак В.В.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

В роботі розглянуті питання: складові ножичного підйомника та параметри для його застосування. Ножничний підйомник – це підйомник з системою важелів і гідравлічних циліндрів, на яку спирається металева платформа, здатна переміщатися у вертикальній площині. Наш автомобільний підйомник обладнаний: заснуванням (закріпленою структурою); важелями, платформою (піднімаюча і незакріплена структура); стійкою управління (рис. 1).

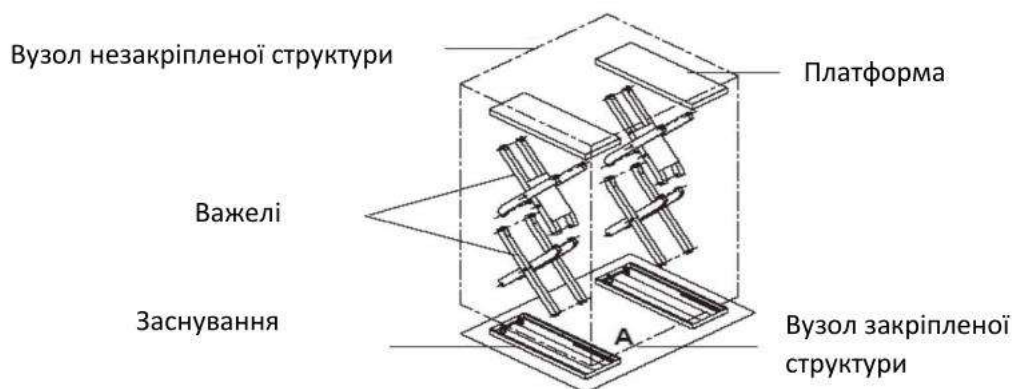


Рис. 1 – Конструкція ножичного підйомника

Вузол закріпленої структури складається з підстави автомобільного підйомника, яка виготовлена з профільованого сталевих листа з отворами для закріплення на підлозі анкерними пристосуваннями.

Вузол піднімаючої і незакріпленої структури складається з важелів, виготовлених з профільованих сталевих труб. Несучі навантаження платформи виготовлені з трубчастих сталевих деталей, пов'язаних одна з другою за допомогою вертикальних пластин, прикріплених до важелів в точках кріплення сталевими осями і роликами на рухомих важелях. Стійка управління – металева коробка, яка містить внизу бак з маслом для гідравліки і вузол мотора з насосом, а вгорі – всі органи управління.

Для того щоб встановити підйомник, необхідно підготувати відповідний фундамент з посиленого бетону з точно вивіреніми по горизонталі опорними поверхнями. Для забезпечення безпеки мінімальна відстань від стін має бути не менше 1000 мм. Висота приміщення в місці установки підйомника повинна бути не менше 5000 мм. Сфера використання: автосервісні станції, станції техогляду, офіційні дилерські центри, автовиробники.

ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ГІДРОСИСТЕМ**Андренко П.М., Дмитрієнко О.В., Клітної В.В.***Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,
м. Харків*

Одним із шляхів підвищення надійності гідросистеми при досягнутому рівні конструкторсько-технологічних властивостей елементів є резервування. Рівень резервування системи визначається вимогами до його надійності та кількістю допустимих відмов. Імовірність безвідмовної роботи резервованої системи визначається рівнянням

$$P_p = \sum_{i=0}^m C_n^i P_1^{n-i} (1 - P_1)^i K_{\Pi}, \quad (1)$$

де $C_n^i = \frac{n!}{i!(n-i)!}$ – біноміальний коефіцієнт; n, m – кількість підсистем;

$K_{\Pi} = (1 - q_{\text{нс}})^{n-1} (1 - q_{\text{н}})^i$ – коефіцієнт, що характеризує надійність переключення; $q_{\text{нс}}$ – неправдиве спрацювання; $q_{\text{н}}$ – невиявлена відмова.

При $q_{\text{нс}} > 0$ та $q_{\text{н}} > 0$ $K_{\Pi} > 1$; при $q_{\text{нс}} = q_{\text{н}} = 1$ $K_{\Pi} = 0$, тобто при ненадійних перемикачах резервована система стає ненадійною. Ефективність загального резервування приводу визначається з виразу:

$$E = \frac{P_p - P}{P}, \quad (2)$$

де P – імовірність безвідмовної роботи нерезерованого приводу.

У машинобудуванні загальне резервування здійснюється для найбільш відповідальних частин або усієї системи. Основна підсистема є частиною гідросистеми або усією гідросистемою і до них паралельно підключаються резервні частини. Підсистеми мають перемикаючі пристрої, які контролюють стан гідросистеми і в разі настання аварійного стану відключають несправні підсистеми. Імовірність безвідмовної роботи резервованого приводу:

$$P_p = \sum_{i=0}^m C_n^i P_1^{n-i} (1 - P_1)^i K_{\Pi} - 1. \quad (3)$$

При низькій надійності системи ($P \ll 1$) ефективність резервування зі збільшенням кількості резервних підсистем зростає та прагне до P_{max} . Оптимальна кількість резервних підсистем, визначається рівнянням

$$\frac{\partial E(P_i, m, K_{\Pi})}{\partial m} = 0. \quad (4)$$

При високій надійності системи ($P_1 \rightarrow 1$) ефективність резервування прагне до нуля. Похибка перемикаючого пристрою знижує ефективність резервування. За результатами дослідження встановлено, що зі збільшенням надійності системи зменшується необхідна кількість резервованих підсистем.

ВБУДОВАНІ СИСТЕМИ ДІАГНОСТУВАННЯ ГІДРОСИСТЕМ БУДІВЕЛЬНИХ МАШИН

Андренко П.М.¹, Свинаренко М.С.², Миронов В.К.³

^{1,3}Національний технічний університет

«Харківський політехнічний інститут»,

*²Харківський національний університет будівництва та архітектури,
м. Харків*

Застосування гідроприводів в технологічних та мобільних машинах дозволяє спростити їх кінематику, знизити металоємкість, підвищити точність, надійність і рівень автоматизації. Гідроприводи забезпечують широкий діапазон безступінчастого регулювання швидкості, можливість роботи в динамічних режимах з необхідною якістю перехідних процесів, захист систем від перевантаження і контроль діючих зусиль.

У доповіді розглядаються вбудовані системи діагностування гідравлічних систем будівельних машин які є автономним комплексом для автоматичної перевірки ступеня працездатності та справності агрегатів і гідросистеми у цілому. Система діагностування виявляє несправний елемент гідросистеми, вказує шляхи усунення несправностей та попереджує про наближення до аварійного стану. Крім того вона скорочують час знаходження і локалізації несправностей елементів гідросистеми, забезпечують значне зменшення витрат на технічне обслуговування і ремонт за рахунок виключення значної частини раптових відмов та участі оператора в усуненні дрібних несправностей, підвищення безпеки експлуатації об'єкта діагностування.

Узагальнена структурна схема мікропроцесорної вбудованої системи діагностування містить такі функціональні блоки: первинних перетворювачів; нормалізації сигналів; бортовий мікропроцесор; управління та засоби відображення інформації. Як основну вхідну інформацію використовують аналогові і дискретні сигнали параметрів тиску, витрати, ступеня очищення і рівня робочої рідини, температуру корпусних деталей насосів, частоту обертання вала насосів, деякі допоміжні сигнали з низьковольтного електроустаткування тощо. Доцільність оснащення вбудованою системою діагностування гідросистем визначається типом мобільної машини або технологічного обладнання, режимом їх експлуатації, складністю гідросистем, які діагностуються, відповідальністю та вартістю операцій, що виконуються. Перспективними є системи діагностування, з'єднані з системами регулювання вихідних параметрів гідросистеми. Також є ефективним використання вбудованих засобів діагностування на базі мікропроцесорів. Такі системи при високому ступені надійності та довговічності дозволяють значно скоротити кількість вбудованих датчиків.

Доведено, що використання вбудованих систем діагностування гідравлічних систем будівельних машин забезпечить ефективний контроль їх технічного стану, пошук несправностей або їх причин з одночасною видачею рекомендацій для їх усунення та подальших дій, дозволяє здійснювати прогнозування ресурсу окремих агрегатів.

ПРОБЛЕМИ ВИБОРУ ERP СИСТЕМИ ДЛЯ МАЛИХ МАШИНОБУДІВНИХ ПІДПРИЄМСТВ

**Анікін Д.А., Добротворський С.С., Добровольська Л.Г., Трубін Д.В.,
Саленко Д.Д.**

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,
м. Харків*

ERP система є необхідною для масштабування будь-якого машинобудівного підприємства. Вона призначена для планування ресурсів компанії, фінансового менеджменту, та керування трудовими ресурсами.

Проаналізувавши ринок ERP систем, можна зробити висновок, що малі підприємства не впроваджують їх через високу вартість, термін налаштування і навчання персоналу та можливі труднощі при інтеграції з іншими системами збору інформації.

Метою роботи є пошук альтернативної відкритої системи на модульній основі, яку можна адаптувати під вимоги малих машинобудівних підприємств України.

Для реалізації мети було проаналізовано більше десятка систем, та лідером стала відкрита ERP ADEmpire, яка включає близько 20-ти модулів, що автоматизують основні виробничі процеси. А саме: модуль планування продаж та виробництва, модуль планування потреб у сировині та матеріалах, модуль керування виробництвом на цеховому рівні, модуль планування виробничих потужностей, модуль фінансового планування та інші. Перевагою системи є те, що вона має відкритий вихідний код, який розташований на GitHub, що дає можливість доповнювати цю систему, використовуючи мову програмування Java та створювати нові модулі, в залежності від потреб.

Більшість модулів підходить для ринку України, крім розділів, які відносяться до фінансового і бухгалтерського обліку. Ці модулі призначені для країн Європи та їх можна буде використовувати після адаптації до ринку України шляхом доопрацювання або розробки нового модуля.

З точки зору малого машинобудівного підприємства було виявлено декілька недоліків системи ADEmpire, а саме відсутність української мови та модулю планування і керування інструментальними засобами та оснащенням виробництва. Найбільш важливим недоліком є відсутність модулю технологічної підготовки виробництва (CAD/CAM/CAE/CAPP), який потребує розробки та узгодження з основним ядром системи ADEmpire.

Система потребує розробки допоміжного сумісного програмного забезпечення для відповідності умовам функціонування малих машинобудівних підприємств України. Тому в даній роботі на першому етапі вирішується проблема відсутності української мови.

РОЗРАХУНОК ПОТРІБНИХ ЗАСОБІВ МАЛОЇ МЕХАНІЗАЦІЇ ПРИ ПРИЙОМІ І ВІДВАНТАЖЕННІ ВІДПРАВЛЕНЬ. МАРШРУТИЗАЦІЯ

Бережко Я.І.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,
м. Харків*

В роботі розглянуті різні засоби малої механізації та специфіки їх використання при прийомі і відвантаженні вантажів а також питання маршрутизації. До допоміжного обладнання складів відносяться засоби малої механізації: ручні вантажні візки, відбірні візки, роликові гравітаційні конвеєри, лебідки, домкрати і інші засоби.

Ручні вантажні візки трьох- і чотириколісні з жорсткою платформою призначаються для транспортування штучного вантажу в межах складського приміщення, а також для переміщення вантажів в приймально-відправних експедиціях невеликих складів, обслуговування низьких стелажів. Вантажопідйомність візків – в межах від 0,5 до 1,0 т.

Ручні візки з підйомною платформою використовуються для транспортування штучних вантажів на складах. Вантажопідйомність візків з підйомною платформою – від 0,25 до 1,0т.

Ручні гідравлічні візки використовуються в сумісності з піддонами для транспортування пакетів тарно-штучних вантажів.

Відбірні візки використовуються для обслуговування поличних стелажів в невеликих складах висотою до 4 м при складуванні і відбиранні з стелажів легких і мілких товарів широкого асортименту.

Роликові гравітаційні конвеєри – засоби для переміщення (транспортування) вантажів в нахиленій поверхні під дією сили тяжіння. Роликові гравітаційні конвеєри можуть бути стаціонарними і такими, що переміщуються.

Домкрати – найпростіші вантажопідйомних механізмів в вигляді штовхачів, що піднімають вантажі на невелику висоту, діючи на них знизу.

Маршрутизація з англійської (routing) – це одна з ключових функцій мережного рівня ЕМВВС. При цьому під маршрутизацією ми розуміємо, перш за все, процес визначення в телекомунікаційній мережі одного або множини маршрутів оптимальних у рамках обраних критеріїв, між заданою парою або множиною мережних вузлів. Таким чином, маршрут – це послідовність мережних вузлів і трактів передачі, які з'єднують задану пару вузлів мережі.

Як ми розуміємо основні цілі маршрутизації полягають у мінімізації (максимізації) значень обраних показників якості обслуговування (швидкості передачі, середньої затримки, джитера, втрат пакетів й ін.), а також ще у забезпеченні збалансованого завантаження мережі, її каналних і буферних ресурсів. Тому її основними завданнями, які належать до галузі маршрутизації, є: контроль і збір інформації про стан мережі (її топології, завантаження мережних ресурсів тощо), розрахунок шуканих шляхів (маршрутів) і реалізація маршрутних рішень.

МЕТОДИ І ЗАСОБИ ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ АВТОМАТИЗОВАНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ

Бородін Д.Ю.¹, Семенова-Куліш В.В.²

¹Національний технічний університет

«Харківський політехнічний інститут»,

²Український державний університет залізничного транспорту, м. Харків

Протягом всього періоду застосування комп'ютерів і комп'ютерних систем існує тенденція створення високонадійних керуючих комплексів, орієнтованих на отримання і використання інформаційних ресурсів.

Ця тенденція висловилася в потужному процесі створення різних видів автоматизованих систем як вбудованих в унікальні об'єкти інформаційно-технологічних комплексів.

Цей напрямок є найважливішим в проведенні великих заходів щодо вдосконалення технічної і технологічної бази систем управління, а також використанні нових методів організації управління, створення автоматизованих виробництв, заснованих на широкому застосуванні сучасного програмно-керованого технологічного устаткування, мікропроцесорних керуючих обчислювальних засобів, роботів і промислових робото-технічних систем, засобів автоматизації проектно-конструкторських, технологічних, організаційних та планово-виробничих робіт.

Орієнтація на надійність потребує вивчення специфіки автономного розвитку наступних напрямків автоматизації: автоматизація обробки інформації - автоматизовані системи управління організаційними процесами, системи автоматизованого проектування і конструювання, автоматизація виробництва на базі використання технологічного обладнання з комп'ютерним управлінням, автоматизовані системи управління технологічними процесами в дискретному виробництві.

Перехід до створення інтегрованих систем поставив ряд складних проблем, пов'язаних насамперед з тим, що такі системи повинні забезпечувати надійне узгоджене функціонування територіально розосереджених автоматизованих систем з різними показниками надійності різного функціонального призначення, що базуються на різномірній обчислювальній техніці та взаємодіючих між собою засобах комунікацій.

Створення інформаційних автоматизованих систем управління слід розглядати як новий етап в надійної інформатизації технологій управління, заснований на використанні досягнень в створенні надійних компонент, накопиченого досвіду розробки і впровадження ефективних автономних автоматизованих систем, призначених для різних видів виробничо-господарської діяльності об'єктів.

АНАЛІЗ СТАНУ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ТЕРМІЧНОЇ ОБРОБКИ ВЕЛИКОГАБАРИТНИХ ЗАГОТОВОК ЗУБЧАСТИХ КОЛЕС І ПРОКАТНИХ ВАЛКІВ В МАШИНОБУДУВАННІ

¹Волошин О.І., ¹Суков Г.С., ²Клочко О.О.

¹ПрАТ «НКМЗ», м. Краматорськ,

²Національний технічний університет «ХПІ», м. Харків

Однією з умов науково-технічного прогресу є розробка і дослідження ресурсозберігаючих технологій в заготівельному виробництві. В процесі виробництва виробів важкого машинобудування теплова обробка - нагрів під ковку і термічну обробку – здійснюється в основному в полум'яних печах, які споживають природний газ, як вигідніше первинне паливо. За обсягом споживання газу машинобудування займає одне з перших місць після енергетики і металургії. З усього обсягу, що йде на теплові технологічні потреби, тільки близько 15% використовується на нагрів металу, інше – тепловтрати [1, 2]. Основним недоліком печей газопламенного нагріву є низький ККД через складність протікання теплообмінних процесів в системі "пальник – футеровка – атмосфера печі – деталь", технічний стан пальників, рівень автоматизації ведення теплового режиму. З усього обсягу палива, що йде на технологічні потреби, близько 15% використовується на нагрів металу виробу, а решта – це тепловтрати. Особливістю парку діючого термічного обладнання є низький технічний рівень, обумовлений незадовільною тепловою роботою пальників, застосованих схем опалення і конструкцій теплового огороження, відсутність на більшості агрегатів систем автоматичного управління тепловим режимом і засобів утилізації тепла відхідних газів. Всі перераховані фактори позначаються безпосередньо на якості теплової обробки металу та рівні механічних властивостей виробу, їх стабільності.

Незадовільний стан футеровок печей, нещільний каркас, недостатня щільність закриття робочого вікна, прогари призводять до значних втрат тепла (по прямих втрат на 1 тону 10 ... 15 кг.у.п.). У більшості випадків теплові агрегати обладнані неекономічними і застарілими пальниковими пристроями, що не забезпечують ефективне спалювання палива, відсутні системи автоматики управління і контролю. В цілому, ККД газополуменевих печей змінюється від 7-12 до 30-35% в залежності від конструкції печей, технічного стану і рівня обслуговування. Середня питома витрата палива на тону металу в таких печах становить 200-240 кг.у.п. на тону термічної обробки. Для порівняння, середня питома витрата палива на тону термообробки в США, Німеччині, Японії становить 40-85 кг.у.п. [1, 2].

Література:

1. Волошин А.И., Верешко В.П., Игнатов Г.Е., Грачев И.А. Разработка и использование систем автоматизированного управления тепловыми режимами в термических печах.// Вюник ДДМА: 36. наук. пр. №2.- ДДМА. - Краматорськ, 2005.-С.62-67.
2. Картавим С.В., Ключников А.Д. Возможные пределы минимизации ресурсных затрат в теплотехнологическом комплексе черной металлургии // Известия ВУЗов №7, 2002. с.43-47.

МОДЕЛЮВАННЯ ВИПАДКІВ ПЕРЕВАНТАЖЕННЯ КОНСОЛЬНОГО КРАНА

Горошко Д.Є., Варченко І.С.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,
м. Харків*

На виробництві, де застосовують консольні крани, трапляються випадки, коли необхідно підняти вантажі невідомої маси, що може виходити за рамки розрахункової вантажопідйомності. І, як наслідок, подібні перевантаження є причиною багатьох аварійних випадків. Тому вирішення цієї проблеми дуже актуальний напрямок.

Метою нашої роботи є виявлення найбільш навантажених ділянок, та додаткове їх зміцнення.

У програмі Solid Works ми побудували тривимірну модель консольного крана КККР6-0.5-4.5-9 який представлений на рис. 1., та рис. 2.

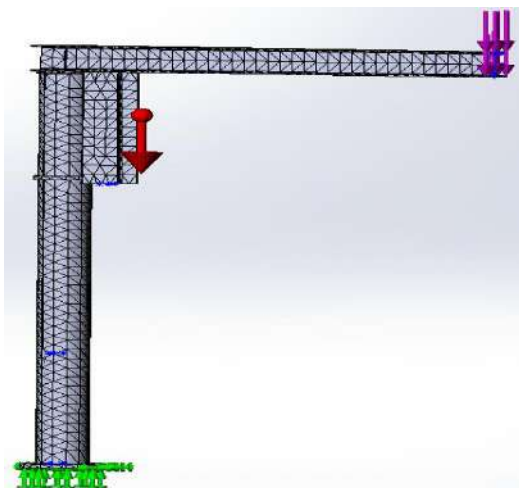


Рис.1 - Модель консольного крана

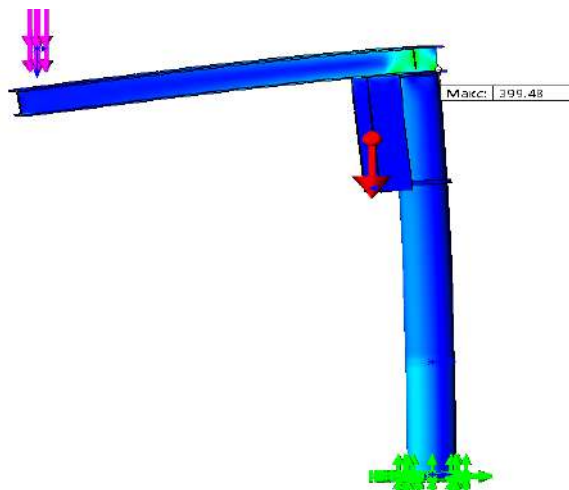


Рис.2 – Напруги при навантаженні

Змоделюймо випадки коли вантаж піднімається з максимальним прольотом, та вага вантажу номінальна. Із моделювання бачимо, що місце кріплення консолі з колоною є концентратором напруги. Тому встановлення додаткового кріплення та рами жорсткості дозволить при випадках перевантаження зберегти металоконструкцію крана без суттєвих деформацій, та уникнути аварійних ситуацій.

Література:

1. Грігоров О. В. Вантажопідйомні машини / О. В. Грігоров, Н. О. Петренко // Харків – 2005 . С. 303.
2. Александров М. П. Грузоподъемные машины/ М. П. Александров // М: Высш. шк. – 2000. С. 550.

**ПРО АВТОМАТИЗОВАНЕ ПРОЄКТУВАННЯ В
ДИСЦИПЛІНІ «ДЕТАЛІ МАШИН»**

Гайдамака А.В., Бородін Д.Ю.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,
м. Харків*

Дисципліна «Деталі машин» є однією з фундаментальних дисциплін у підготовці бакалавра-машинобудівника. Отримані знання та практичні навички з деталей машин загального призначення дозволяють не тільки успішно виконати курсовий проєкт, але і розпочати роботу з проєктування будь-якої машини на базі спеціальних дисциплін. При цьому застосування комп'ютерних графічних пакетів сприяє суттєвому підвищенню рівня проєктування і свободі творчості при самостійному вирішенні конструкторських задач. 3D модель дозволяє більш наочно, ніж креслення (2D модель), показати всі особливості виробу, краще зрозуміти конструкцію деталі, її місце у вузлі та редукторі, провести аналіз кінематики, міцності, ресурсу, економічної доцільності, виконати оптимізацію конструкції.

При проєктуванні редуктора вихідними даними для розрахунків служать три параметри: крутний момент веденого валу, його кутова швидкість і передавальне число редуктора. Програма самостійно: визначить геометричні характеристики, проведе перевірочні розрахунки, підбере підшипники і шпонки, виконає компоновку редуктора. Після цього бібліотека готова до формування 3D-моделі.

В цій роботі подано аналітичний огляд та аналіз відомих систем автоматизованого проєктування і його використання у навчальному процесі з машинобудівних спеціальностей. Обґрунтовано вибір рівня та системи автоматизованого проєктування. Запропонована логіка автоматизованого проєктування показана на прикладі одно- та двоступеневого редукторів (конічного і конічно-циліндричного). Вона включає вибір кінематичної схеми, проектні розрахунки, конструювання та монтаж валів, зубчастих коліс, підшипників на основі 3D-моделювання.

Наведено приклади моделювання та складання вузлів і редуктора.

ПРО ВАНТАЖНУ ЗДАТНІСТЬ ШПОНКОВИХ З'ЄДНАНЬ
Гайдамака А.В., Кулик Г.Г., Алексєєв В.І., Пархоменко О.В.
Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,
м. Харків

Шпонкові з'єднання – один з видів з'єднань вала з втулкою з використанням додаткового конструктивного елемента (шпонки), призначеної для запобігання їх взаємного повороту. Найчастіше шпонка використовується для передачі крутного моменту в з'єднаннях вала з зубчастим колесом, шківом, зірочкою. Класифікація з'єднань залежить від форми найбільш поширених шпонок: призматична, клинова, тангенціальна, сегментна, циліндрична. Недоліками вказаних з'єднань є шпонкові пази, які послаблюють вал і маточину деталі, що насаджують на вал. Ослаблення вала обумовлено не тільки зменшенням його перетину, але головне, значною концентрацією напруг вигину і крутіння, що викликається шпонковим пазом. Крім того, шпонкові з'єднання занадто коштовні у виготовленні: при виготовленні паза кінцевою фрезою потрібна ручна пригонка шпонки по пазу; при виготовленні паза дисковою фрезою потрібно кріплення шпонки в пазу гвинтами від можливих осьових зсувів.

Через вказане з'являються й інші конструкції шпонок, наприклад профільні. Ці шпонкові з'єднання більш технологічні при виготовленні, менш послаблюють вал та маточини деталей, що насаджуються. Тому при виборі виду шпонкового з'єднання постає питання оцінки його вантажної здатності.

В цій роботі подано аналітичний огляд та аналіз відомих конструкцій шпонкових з'єднань, проаналізована робота шпонок, перевірено теоретичне обґрунтування їх розмірів, проведено розрахунки вантажної здатності з'єднань для вибраного діаметра вала.

Подальші дослідження шпонкових з'єднань планується здійснювати у напрямі дослідження їх контактної взаємодії, визначення напружено-деформованого стану деталей, оптимізації геометрії з'єднань, підвищення технологічності.

ПРО МОНІТОРИНГ ЗАТЯЖКИ НАРІЗНИХ З'ЄДНАНЬ
Гайдамака А.В., Музикін Ю.Д., Наумов А.И., Татьков В.В.
Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,
м. Харків

Серед рознімних з'єднань нарізні найбільш поширені в техніці. Їх незаперечними перевагами є: висока навантажувальна здатність і надійність при статичному навантаженні, наявність великої номенклатури, зручність монтажно-демонтажних операцій, простота конструкції і відносна дешевизна. Разом з тим нарізні з'єднання не достатньо надійні в умовах змінного навантаження, коли спостерігається мікропереміщення по поверхнях тертя різі, головки болта і гайки, в контакті з деталями, що з'єднують. Наслідком зазначених процесів є ослаблення величини затягування деталей, що з'єднуються аж до розкриття їх стику і руйнування нарізного з'єднання. Ознакою ослаблення величини затягування нарізних з'єднань є зменшення осьової сили в тілі болта (шпильки), оцінку і прогноз зміни якої забезпечує моніторинг.

Вимірювання осьової сили в тілі болта (шпильки) здійснюють різними методами, заснованими на прямій або непрямій оцінці. Перші дозволяють безпосередньо вимірювати осьову силу, тоді як другі використовують різні фізичні явища, пов'язані зі зміною деформації деталей з'єднання.

Прямі методи моніторингу нарізних з'єднань є найбільш старими, хоча і досить надійними в застосуванні. У цих методах використовуються два параметри оцінки ослаблення нарізних з'єднань – осьову силу і крутний момент. Серед прямих найбільш поширені методи моніторингу за оцінкою деформації шайби і болта, а також по вимірюванню крутного моменту.

Причиною розвитку непрямих методів моніторингу нарізних з'єднань є низький ступінь точності і відсутність отримання результатів вимірювань в системі реального часу. Серед непрямих найбільш поширені метод вимірювання імпедансу, ультразвукові методи, методи обробки зображень та радіохвиль, метод зміни електричного потенціалу.

ПРО РЕЖИМИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ПІДШИПНИКОВИХ ВУЗЛІВ ЗАЛІЗНИЧНИХ ВАГОНІВ ТА ЇХ СТЕНДОВЕ МОДЕЛЮВАННЯ

Гайдамака А.В.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,
м. Харків*

В експлуатації роликів підшипників колісних пар вагонів відрізняють характерні режими, які суттєво впливають на роботу їх деталей. Ці режими експлуатації пов'язані з ударними навантаженнями колісної пари під час гальмування, вписування в криву, проходження стиків та стрілочних переводів.

Дослідження впливу вказаних режимів експлуатації здійснено для пасажирського вагона в складі діючого поїзда. Одна колісна пара вагона була обладнана спеціальними пристроями, що встановлювалися на місця оглядових кришок букс. Пристрої мали пружні елементи з тензодатчиками, які вимірювали радіальні і осьові сили на букси та перекося букс і реєструвалися електронною апаратурою, розміщеною в купе вагона.

Встановлено, що під час гальмування вагона, вписування в криву, проходження стиків та стрілочних переводів виникали перекося підшипникових вузлів з буксою. Гальмування вагона спричинювало довготривалий певний за напрямом перекося букси в горизонтальній площині, вписування в криву – короточасні нестійкі за напрямом перекося букси у вертикальній площині, проходження стику рейок – одиничний короточасний перекося букси у вертикальній площині, проходження стрілочних переводів – множину короточасних нестійких за напрямом перекося букси у вертикальній площині.

Дослідження впливу режимів експлуатації з визначенням перекося та навантажень на роликові підшипники колісних пар вагонів необхідне для моделювання роботи підшипників на стенді. Це дасть змогу у форсованому режимі проводити випробування роликів підшипників, оперативно перевіряти ефективність конструктивних удосконалень деталей з метою підвищення технічного рівня підшипників.

РОЗТАШУВАННЯ 3D-МОДЕЛЕЙ ВИРОБІВ У РОБОЧОМУ ПРОСТОРИ ПРИ ЇХ ПОШАРОВІЙ ПОБУДОВІ ЗА МЕТОДОМ МОНТЕ-КАРЛО

Гарашенко Я.М.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

Однією з основних задач технологічної підготовки промислових виробів до виготовлення адитивними технологіями є визначення раціонального розташування 3D-моделей у робочому просторі установки пошарової побудови, яка суттєво визначає ефективність реалізації можливостей вибраного методу матеріалізації.

З урахуванням існуючих підходів щодо розміщення об'єктів у заданому просторі запропоновано за методом Монте-Карло виконувати розміщення 3D-моделей виробів з покроковою (безперервною) перевіркою на коректне використання вільного простору.

Сортування 3D-моделей виробів виконувалося за збільшенням або зменшенням величини обраної характеристики із наступних: об'єм моделі, коефіцієнт використання робочого простору, середньоарифметичної величини габаритних розмірів, мінімальних або максимальних габаритних розмірів.

Розміщення 3D-моделей виробів у робочому просторі виконується шляхом послідовного генерування координат з урахуванням розмірів робочого простору та габаритних розмірів виробу і перевірки на коректність взаємного розміщення. При цьому випадково генерується за законом рівномірного розподілу величини координат за осями X , Y для кожної спроби розміщення. Величина координати по осі Z задається з умови мінімально допустимого розміщення у робочому просторі з урахуванням наявності раніше розміщених 3D-моделей. Оцінка мінімально допустимого розміщення поточної 3D-моделі виконується крок за кроком від мінімальної величини по координатній осі Z робочого простору. Такий підхід дозволяє найкращим способом розмістити одержувані вироби незалежно від їхньої складності. Зворотною стороною є збільшення часових ресурсів на визначення допустимого розміщення 3D-моделі.

Запропонований алгоритм не дозволяє отримувати стабільний результат через свої особливості. Збільшення кількості порівнюваних варіантів розміщення дозволяє отримувати показники, близькі для ручного режиму, але при цьому збільшується час розрахунків. Тому рекомендується ставити не більш як 5 варіантів розміщення. Кількість спроб визначення вільного простору при розміщенні чергової 3D-моделі слід задавати $5 \div 50$ разів. Кількість спроб залежить від кількості виробів, та від співвідношення розмірів їхніх та робочого простору. При цьому важливим є геометрична складність виробів, а особливо значення коефіцієнту заповнення робочого простору одиничним виробом.

Дослідження можливостей виконання задачі щодо раціонального розміщення 3D-моделей виробів виконувалося в системі «Технологічна підготовка матеріалізації складних виробів адитивними технологіями», розроблений на кафедрі «Інтегровані технології машинобудування» НТУ «ХПІ»

ДИСИПАТИВНІ ЕНЕРГЕТИЧНІ ПРОЦЕСИ ПЕРШОГО ПОРЯДКУ ФОРМОУТВОРЕННЯ ПРИ ШВИДКІСНОМУ ЗУБОФРЕЗЕРУВАННІ

¹Грабченко А.І., ¹Ключко О.О., ²Майборода В.С.,

²Охрименко О.А., ²Юрчишин О.Я., ¹Федоренко В.С.

¹*Національний технічний університет «ХПІ», м. Харків,*

²*НТУ України «КПІ ім. Ігоря Сікорського», м. Київ*

Необхідність поглиблених досліджень дисипативних енергетичних процесів першого порядку при швидкісного зубофрезерування формування поверхневого шару загартованих зубчастих коліс розкриває нові можливості підвищення ефективності обробки та застосування сучасного збірного зубообробного інструменту. При зубофрезеруванні процес пружної деформації відбувається на певному куті ковзання зуба фрези з переходом в пластичну деформацію за схемою стиснення і простого зсуву [1, 2]. У процесі зняття стружки деформація верств оброблюваного матеріалу виникає не тільки в області площині сколювання стружки, але і попереду зуба фрези і під площиною різання. Метал, підминає ріжучим лезом, в стружку не переходить. Деформований шар після проходження ріжучого леза визначає глибину наклепу ($h_{\text{упр.}}$). Тертя поверхневих шарів, що труться матеріалів має подвійну молекулярно-механічну природу. Тертя обумовлено об'ємним деформацією матеріалу і подоланням міжмолекулярних зв'язків, що виникають між зближеними ділянками, що труться.

Численними дослідженнями показано, що на верхній межі зони стружкообрання і в зоні вторинної деформації окремі зерна узгоджено формозмінююче і шикуються в ланцюжок в площині зсуву, утворюючи так звану текстуру. Експериментально встановлено, що опір пластичного деформації в умовній площині зсуву при обробці загартованих зубчастих коліс змінюється зі зміною товщини зрізаного шару, що пов'язано з досягненням граничного рівня деформації (зміцнення) на вугіллі контакту при певному співвідношенні радіусу округлення ріжучого леза твердосплавних фрези і змінної складової, яка залежить від режимів різання, параметрів інструменту, оброблюваного матеріалу.

Швидкість різання впливає на зміну інтенсивності процесу зменшення зміцнення. При пластичній деформації в поверхневих шарах металу відбуваються два одночасно протікаючі процесів: ступінь зміцнення і знеміцнення. З підвищенням температури і ступеня деформації швидкість протікання процесу зменшення зміцнення, що відбувається за рахунок рекристалізації, зростає. Підвищення температури різання сприяє підвищенню інтенсивності процесу зменшення зміцнення.

Література:

1. Старков В.К. Физика и оптимизация резания материалов. Москва, Машиностроение, 2009. 640 с.
2. Николаева Е.А. Сдвиговые механизмы пластической деформации монокристаллов. Пермь, Изд-во Пермского государственного университета, 2011. 96 с.

ЕЛЕКТРОРОЗРЯДНІ ТЕХНОЛОГІЇ СУЧАСНОГО ФОРМОУТВОРЕННЯ

¹Гуцаленко Ю.Г., ¹Наконечний М.Ф., ²Рущкі М., ¹Івкін В.В.

¹Нац. техн. ун-т «Харк. політехн. ін-т», м. Харків,

²Технологіко-гуманітарний ун-т ім. Казимира Пулавського, м. Радом, Польща

Сучасні технології формоутворення з функціональною участю в них дії електричних розрядів своїми основними витокami, за визнанням з Японії від родоначальників методу іскрово-плазмового спікання (ІПС) [1], сягають періоду Другої світової війни, винаходу Б.І. і Н.І. Лазаренко електроіскрової (електроерозійної) обробки, авторське свідоцтво СРСР 70010 (1943 г.) з патентуванням (1946 г.) також у провідних країнах старого і нового світу.

У другій половині ХХ століття промисловість прийняла до освоєння зворотні електроерозійному зніманню адитивні методи обробки металів і сплавів – електроіскрове легування і мікродугове оксидування (МДО) [2].

Остання чверть ХХ століття стала початком освоєння верстатобудуванням і обробними галузями започаткованої в Харківському політехнічному інституті комбінованої обробки за методом алмазно-іскрового шліфування (АІШ) [3].

Інтегрування найкращого є об'єднуючим трендом концептів технологічних платформ у розвинутих країнах світу ХХІ століття, зокрема від ознак сучасного укладу “nano-bio-info-cogno” у США (з 2001 р.), до Industry 4.0 у Німеччині і ЄС (з 2011 р.), та Society 5.0 у Японії з ключовим ланцюгом “hunting-agrarian-industrial-information-super smart” (з 2016 р.).

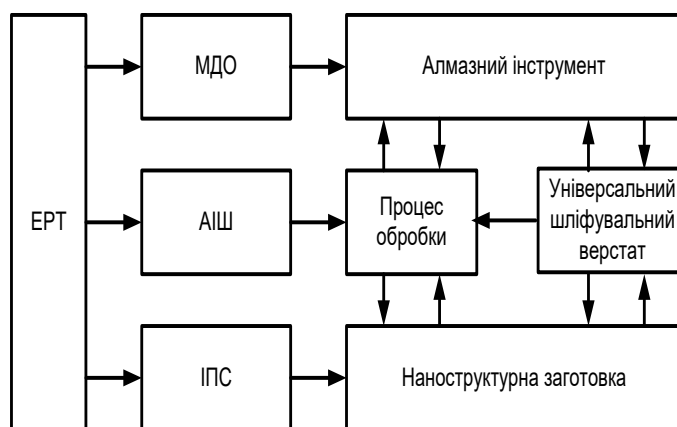


Рисунок 1 – Інтегроване використання ЕРТ

Прикладом інтегрування в цьому сенсі є використання в життєвому циклі виробу комплексу електророзрядних технологій (ЕРТ, рис.) системою ІПС з отримання заготовки, МДО корпусу алмазного інструменту для проведення АІШ на універсальному шліфувальному верстаті та власне проведення АІШ.

Вивчення теорії та практики ЕРТ сприяє підготовці фахівців прикладної механіки до прийняття неочевидних ефективних технологічних рішень.

Література:

1. Tokita, M. Recent advanced SPS technology , systems and applications in Japan. *2nd Int. Sc. Workshop "Advanced Technologies of EFACM"*. NRNU "MEPhI", Moscow. 65 p. (2013), <http://lemc-lab.mephi.ru/content/file/news/tokita.pdf>.
2. Borisov, A.M., Krit, B.L., Lyudin, V.B. et al. Microarc oxidation in slurry electrolytes: A review. *Surf. Eng. Appl. Electrochem.* **52**, 50-78 (2016).
3. Гуцаленко Ю.Г. Провидец и укротитель электрического разряда на службе алмазному шлифованию (к 90-летию со дня рождения Н.К. Беззубенко). *Різання та інструмент в технологічних системах.* **89**, 3-11 (2018).

MODELLING OF RFID-BASED SCALABLE LOGISTIC CELL

Heiden B.¹, Kovalenko V.², Aliksieiev V.²

¹*Carinthia University of Applied Sciences, Villach, Austria,*

²*National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", Kharkiv, Ukraine*

There exists now a wide variety of process simulation software [1], which is important to implement a virtual twin of industrial production, logistics and many other processes. The goal of this work is to implement a simple but hopefully powerful model for an universal logistic process, that is scalable and hence useful in a wide variety of logistic applications.

The term "logistic cell" can be derived from cybernetics and namely from the concept of cybernetic systems, which are informational open and functional closed (compare also [2], [3]). For the definition of a *logistic cell* the cybernetic system has to be modified in that way, that it is defined as open for matter and information, because it always has an exchange in matter (material, transport and people flow) and information (external communication) levels. For that these flows are flowing, they have to be powered by energy.

To specify it as a technical model, a functional interaction of the "cell" has to be considered. The main feature of this functional interaction is a *functional autonomy* (operational closed). It means, that the system can work without external input requirements, because it has a sufficient own functionality. On the other hand, this system is determined as matter open, because it can communicate with other cells by means of matter, energy and information exchange. This second property of the here defined logistic cell, can be denoted as *scalability*. Scalability can be also understood as the property of a logistic cell that allows for applying volume and/or size changes in the system.

As an example for the practical application of the logistic cell such a cell with a storage option has been simulated in the simulation software Witness 2014. To demonstrate an industrial logistics identification procedure of incoming goods the technology of Radio-Frequency Identification (RFID) was used as an application example. The simulation can help the companies and parties in the logistics supply chain to identify, understand and prevent a potential inconvenience already in the step of planning and modelling, as the Witness model can be regarded as a virtual twin.

To show the practicability of such a logistic cell, the model is mirrored in a physical prototype in form of an Arduino micro-controller board which is attached to a RFID-Reader, together with a model-warehouse/forklift truck unit. This prototype can be used for the demonstrations as well as for educational purposes.

References:

- [1] Leporis, M. and Kralova, Z. (2010). A simulation approach to production line bottleneck analysis. In *CYBERNETICS AND INFORMATICS* (2010).
- [2] Luhmann, N. (1997). *Die Gesellschaft der Gesellschaft*. Suhrkamp Verlag, Frankfurt/Main.
- [3] Weber, S. (2010). *Systemtheorie der Medien. Anwendung der Systemtheorie (Luhmann) auf die Modellierung von Massenmedien und Publizistik (Marcinkowski u.a.)*, pages 189–206. UVK Verlagsgesellschaft, Konstanz.

**РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ РОЗРАХУНКУ
ПАРАМЕТРІВ ОБРОБКИ ДЕТАЛЕЙ З МАЛОЮ ЖОРСТКІСТЮ
МЕТОДОМ ВИСОКОШВИДКІСНОГО ФРЕЗЕРУВАННЯ У РАМКАХ
FREE DIGITAL SPACE FOR I. 4.0 (FGS2I4.0)**

Добротворський С.С., Басова Є.В., Кононенко С.М., Трубін Д.В., Пітель Я.
*Національний технічний університет «Харківський політехнічний
інститут», м. Харків,
Технічний університет в Кошицях, Словаччина*

Концепція Industry 4.0 має набір сучасних технологій для промисловості (Інтернет речей, Big Data, робототехніка, віртуальна реальність і багато іншого), використання яких спрямоване на створення виробничих систем нового покоління. На сьогоднішній день компанії все ще вирішують проблеми, пов'язані зі створенням базових умов для Industry 4.0. Відповідно, шлях розвитку починається з цифровізації. Саме тому з точки зору посилення інтеграції малих підприємств з Industry 4.0 і посилення вертикальної інтеграції між малими підприємствами при створенні партнерства, в області інформаційного та програмного забезпечення одними із гострих задач стають складності з обміном даними в реальному масштабі часу; використання слабоструктурованих форматів передачі даних; використання інформаційних систем без стандартизованих інтерфейсів передачі даних та інше.

До того ж у процесі свого функціонування кожне мале машинобудівне підприємство зустрічається з проблемою вибору необхідного програмного забезпечення для розрахунків поставлених задач. Одним з основних питань у виробництві є вибір параметрів обробки для подальшого створення керуючої програми для верстатів з ЧПК.

Аналіз існуючого вільного програмного забезпечення (Walter Machining Calculator, CoroPlus Tool Guide, HSMAdvisor та ін.) показав, що наявність низки факторів, а саме наявність тонкостінних елементів та їх недостатня жорсткість, унеможливають отримання задовільної точності при обробці деталі методом високошвидкісного фрезерування.

Результатом роботи є розробка програмного забезпечення на мові програмування JavaScript. Це надає можливість подальшого впровадження у WEB-сервісах. Можливості розробленої програми дозволяють врахувати небажані відхилення, що виникають у процесі дії фрези на заготовку.

Розраховані у програмі дані дозволяють у подальшому компенсувати небажаний вигин тонкостінного елемента та скорегувати режими різання в керуючій програмі для підвищення точності продукції, що виробляється.

Таким чином малою міждисциплінарною командою на базі JavaMachCluster розроблений модульний додаток, що легко інтегрується у єдиний цифровий простір, який об'єднує в собі етапи цифровізації, інформатизації і пов'язаності завдань в рамках концепції Industry 4.0, яку ми називаємо Free digital space for I. 4.0 (FGS2I4.0).

ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНИХ КОНТАКТНИХ ТЕМПЕРАТУР РІЗАННЯ МЕТАЛІВ

Доля В.М.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,
м. Харків*

Одним з критеріїв оптимізації процесу точіння чорних металів, власне визначення раціональних режимів різання, є встановлення оптимальних контактних температур у зоні різання. Ще у 1961 році А.Д.Макаров сформулював положення (закон) про постійність оптимальної температури різання: «Оптимальним швидкостям різання при різних комбінаціях швидкості різання, подачі і глибини різання відповідає постійна температура в зоні різання (оптимальна температура різання). Якщо зі зміною параметрів режиму різання змінюється ресурс різального інструменту, то можна визначити як оптимальні значення температур різання, які відповідають піковим найбільшим значенням ресурсу, так і неоптимальні значення температур різання, які відповідають найменшим значенням ресурсу різального інструменту при встановлених інструментальних та оброблюваних матеріалах.

Виконані дослідження показали, що для певних інструментальних матеріалів при обробці певних чорних матеріалів існують наступні оптимальні і неоптимальні температури різання (таблиця 1).

Таблиця 1 Значення оптимальних і неоптимальних температур різання (°C)

Інструментальний матеріал	Оброблюваний матеріал		
	Мартенситно-аустенітні сталі	Трооститні, сорбітні леговані сталі	Перлітні сталі
Значення оптимальних температур різання			
Надтверді матеріали та мінералокераміка	α - γ , 525, 330, ABC	α - γ , 525, ABC	α - γ , ABC
Тверді сплави	525, 330, α - γ	525, α - γ	α - γ
Швидкоріжучі сталі	330, 525	525	—
Значення неоптимальних температур різання			
Надтверді матеріали та мінералокераміка	до 200, 400, 727	до 200, 727	до 200
	понад 800-1500 (для КНБ), понад 1300-1800 (для МК)		
Тверді сплави	до 200, 400, 727	до 200, 727	до 200
	понад 750 (для ТТК), 800-850 (для ВК), 850-900 (для ТК)		
Швидкоріжучі сталі	до 200, 400	до 200	до 200
	понад 590-720		

У цій таблиці під позначкою « α - γ » надані значення температур α - γ структурного переходу для певного оброблюваного матеріалу, а під позначкою «ABC» температура плавлення цього матеріалу. Після літер «понад» надані значення температур теплостійкості інструментальних матеріалів.

TO THE SELECTION OF THE CALCULATION PARAMETERS OF HIGH-HEAD REVERSIBLE HYDRAULIC MACHINES

Drankovskiy V.E., Rezvaya K.S., Dubovitskaya M.S.

*National Technical University
"Kharkiv Polytechnic Institute",
Kharkiv*

Reliable power supply to industry, transport, agriculture and household needs of the population is the important challenge facing modern electric power industry. The most significant parts in the structure of energy systems are thermal and nuclear power plants with superpower units. Moreover, there are changes in the powers structure now. These changes are directed towards increasing the power of renewable energy sources. This trend requires ensuring the maneuverability of the power system due to the electricity consumption curve irregularity. The functional features of hydropower equipment of Hydropower Stations and Pumped Storage Power Stations allow the energy system to carry peaks, valleys and other daily load fluctuations with the most economical parameters.

The development of hydraulic equipment for high-head PSPSs, within the order of 500 m, is an important challenge that is set in accordance with the *"Energy Strategy of Ukraine for the period up to 2035"*. It provides for the construction of the Zakarpatskaya PSPS for necessary head with a maximum power of hydraulic unit of 230 MW in the pump mode.

During designing new PSPSs, if there is no the definite unit in the product range, it is necessary to choose the calculation parameters for the new reversible hydraulic machines. Taking into account that the pump mode is determinative for a reversible hydraulic machine, the speed coefficient is determined by the following formula adopted in the practice of pump engineering:

$$n_{ns} = \frac{3.65 \cdot n \cdot \sqrt{Q_p}}{H_p}.$$

For these parameters, n_{ns} should be in the range 100-110.

The second important parameter is the suction head H_s , which is also determined by the pump mode and, in a first approximation, for high-head hydraulic machines is found by the equation:

$$H_s = \frac{n_{ns}^{4/3}}{4080} \cdot H_p - 10.$$

For these values, H_s equals 45-50 m.

Changing the range of possible operation of a reversible hydrounit is achieved by means of asynchronized generators, which allows it to operate in the characteristic optimum in both modes (turbine and pump).

РОЗРОБКА ТРАНСПОРТНИХ МАРШРУТІВ СМІТТЕЗБИРАЛЬНИХ МАШИН З ПОДАЛЬШИМ ТРАНСПОРТУВАННЯМ НА ПОЛІГОН ТВП М. КРАСНОГРАДУ

Ждамаров Д.О.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,
м. Харків*

В роботі розглянуті питання: організаційні, технологічні, технічні, ресурсозберігаючі, екологічні, санітарно-гігієнічні, фінансово-економічні, соціальні, інформаційні, тощо, спрямовані на розв'язання проблем сфери поводження з ТПВ в Красноградському районі.

Логістичні схеми збору ТПВ є одним з ключових елементів системи поводження з відходами. Логістика ТПВ, як правило, є атрибутом систем місцевого та регіонального рівнів. Управління відходами на об'єктному (локалізованому) рівні в більшості випадків не вимагає вирішення складних логістичних задач і базується, здебільшого, на технологічних та планувальних особливостях підприємства. Загальнодержавний рівень управління відходами як правило акцентує увагу на соціальних, економічних та екологічних аспектах даного процесу, а з технологічної точки зору найбільш обговорюваними питаннями є сортування, захоронення, утилізація, переробка з отриманням вторинного продукту. Саме для місцевого та регіонального рівнів управління відходами питання розробки логістичних схем збору ТПВ є визначальними у забезпеченні економічної, технологічної та екологічної ефективності систем поводження з відходами.

Збирання твердих побутових відходів часто є найдорожчим компонентом усього процесу поводження з відходами, тому в населених пунктах із різнотипною забудовою й різними особливостями інфраструктури, це вимагає диференційованого підходу до організації системи збирання ТПВ.

Кількість транспортних засобів рекомендується визначати шляхом розрахунку, в залежності від об'єму кожного виду ПВ, що перевозяться, періодичності перевезення та продуктивності транспортного засобу

Вибір оптимальної кількості та марок сміттєзбиральної техніки повинен здійснюватися на основі логістичних схем маршрутів руху цієї техніки за наступним принципом: кількість одиниць та тип сміттєзбиральної спецтехніки на кожному маршруті визначається кількістю відходів, що утворюються в населених пунктах маршруту, та періодичністю їх збору.

CREATION OF SPECIALIZED SOFTWARE FOR SYNCHRONIZING DATA CHANGES BETWEEN THE SMALL MANUFACTURING ENTERPRISES

Zinchenko A.¹, Dobrotvorskiy S.¹, Basova Y.¹,

Dobrovolska L.¹, Edl M.², Kazantsev N.³

¹National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", Kharkiv, Ukraine,

² University of West Bohemia, Pilsen, Czech Republic,

³Alliance Manchester Business School, University of Manchester, United Kingdom

In the manufacture of engineering products, there are their own characteristics. A company may not produce a fully finished product itself. It may hire other firms to help produce component parts. The main problem is to provide communication between small enterprises for the exchange of data. In this case, the acute question is to synchronize data for the coordinated work of virtual companies based on small enterprises on the one hand, and the protection of intellectual property of each machine-building enterprise within a vertical company on the other. Since the firm that hires other firms must be sure of the quality of the products, and the compliance with its requirements that it presents. Contractors have the full right to keep the technological features of the production secret.

It is necessary to create a data structure for storage and distribution between all existing participants.

The data structure should contain the requirements provided to the part, the technical process that will be applied to this part, and the result of the work. Therefore, the source data of the part and the result of the work must be synchronized between all participants, it is also necessary to prohibit editing this data after the approval stage.

Blockchain can help us to solve the problems posed, this technology has proven itself in banking (cryptocurrencies), but it also finds ways to apply it in other industries such as financial transactions, user identification, or the creation of cybersecurity technologies.

An application model was created and software development began directly. The main difficulty in developing the application is that there is network interaction and there is a need for encryption and data hiding to increase security. As a result of our work, software should appear that will help solve the problem of communications in small enterprises. Also, this application should increase the level of data protection and minimize the possibility of unauthorized editing.

ВИЗНАЧЕННЯ МОЖЛИВОСТЕЙ АФІННИХ ВІДОБРАЖЕНЬ ПРОСТОРУ ДЛЯ ГЕОМЕТРИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ФРЕЗЕРУВАННЯ ПОЛІМЕРНИХ МАТЕРІАЛІВ

Зубкова Н.В.¹, Тітаренко О.В.²

¹Національний технічний університет

«Харківський політехнічний інститут»,

²Національна академія Національної гвардії України,

м. Харків

Полімерні матеріали знаходять все більш широке використання в оптичних приладах різного призначення. Висока якість, надійність та довговічність функціонування полімерів визначається, у першу чергу, їх складом та умовами полімерізації, та термостабільним станом поверхневого шару, що формується на всіх етапах виробництва в процесі механічної обробки різанням. Постійний прогрес науки високомолекулярних з'єднань та нові вимоги щодо експлуатаційних властивостей сучасної оптики обумовлюють пошук відповідних технологічних рішень [1]. Кінематика процесу торцевого фрезерування відрізняється переривчастою дією інструмента на поверхневий шар та змінною товщиною припуску. В результаті стан обробленої поверхні відображає всі особливості термомеханічного впливу у нерівномірній шорсткості, напруженості окремих ділянок структури. Для забезпечення мінімального технологічного наслідування дефектів кожного з етапів фрезерування на етапі розробки технологічного процесу перспективним є використання математичного моделювання з визначенням раціональних параметрів режиму різання.

Високу ефективність вирішення завдань моделювання формоутворення, визначення відповідної геометрії інструменту, кінематики та траєкторії формотворчих рухів, розрахунку геометричних умов різання при достатній простоті і відкритості можна отримати за допомогою математичного апарату афінних відображень простору, використовуючи обмежену кількість операторів відображень [2]. В уніфікованій структурі $\bar{r} = \bar{\varphi} \bar{r}_n + \bar{l}$ діють оператори обертання $\bar{\varphi}$ і паралельного перенесення \bar{l} , що відповідає схемі фрезерування площин, уступів, пазів, яка реалізується при перпендикулярному напрямку оператора паралельного перенесення до осі обертання фрези.

Запропонована математична 3-D модель зв'язує деталь, інструмент і формоутворюючий рух в процесі різання та дозволяє спрогнозувати характер мікронерівностей обробленої поверхні, що значно спростовує вибір значень подачі інструменту та глибини різання.

Література:

1. Тітаренко О.В. Можливості експериментально-розрахункового підходу у пошуку раціональних умов обробки чутливих елементів дозиметрів / О.В.Тітаренко // Збірник наукових праць Національної академії Національної гвардії України. – 2017. – Вип. 1. – С. 103-109. 2. Зубкова Н.В. Конкретные структуры отображений для частных задач // Надійність інструменту та оптимізація технологічних систем. – Краматорськ: ДДМА. – 2001. - Вип. 11,– С. 72-77.

ВІБРОЗАХИСТ ПРЕЦИЗІЙНИХ РОТОРНИХ СИСТЕМ НА ПРУЖНИХ ОПОРАХ З АДАПТИВНИМИ ЕЛЕМЕНТАМИ КВАЗІНУЛЬОВОЇ ЖОРСТКОСТІ

Клітної В.В., Гайдамака А.В., Наумов О.І.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,
м. Харків*

Високопродуктивні методи обробки деталей металоріжучими верстатами обумовлюють підвищення вимог до точності шпиндельних вузлів, що, в свою чергу, залежить від працездатності підшипників. Одним з перспективних напрямків підвищення точності та вібростійкості шпиндельних вузлів є застосування опор з пружними елементами. Недоліком відомих технічних рішень є неможливість повної ізоляції підшипників від додаткового навантаження в резонансних зонах через не змінну жорсткість пружних опор, величина якої не залежить від зусиль, що створюються ротором. Отже, виникає потреба розробки і створення пружних опор, які допускають їхню перебудову на різні величини зовнішнього навантаження на підшипник.

У роботі аналізується конструкція корпусу шпинделя, з інтегрованим в відому схему [1] керуючого модулю, побудованого на базі пружних п'єзокерамічних елементів, працюючих в алгоритмі схеми зворотного зв'язку. Реакція посадочної частини пружного елемента відстежується за допомогою чутливих елементів, і у якості вхідного сигналу поступає до системи активного контролю, яка у свою чергу аналізує сигнал і, використовуючи алгоритм керування, змінює пружні властивості активних елементів, за рахунок чого значно прискорюється процес гасіння коливань посадочної частини пружного елемента. Це сприяє зменшенню додаткових навантажень підшипників, а отже знижує зношування.

Проведений аналіз амплітудно-частотних характеристик системи показав ефективність запропонованого схемного рішення в питаннях віброзахисту підшипників шпинделя при переході через резонансні частоти.

Література:

1. Патент 128330 Україна. Корпус шпинделя [Текст] / Гайдамака А.В., Клітної В.В. – Заявник і патентовласник Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»; заявлено 10.04.2018; опубліковано 10.09.2018. – Бюл. 17. – 4 с.

ДОСЛІДЖЕННЯ ТОЧНОСТІ ОБРОБКИ ПРОФІЛІВ ЗУБІВ ШЕВРОНИХ КОЛІС ЕВОЛЬВЕНТНОЮ ЧЕРВ'ЯЧНОЮ ФРЕЗОЮ З ДИСКРЕТНІСТЮ РІЗАЛЬНИХ ЗУБЦІВ

¹Клочко О.О., ²Волошин О.І., ¹Камчатна-Степанова К.В.,

¹Белоусов М.О., ¹Савченко М.М., ³Півень Л.В.

¹Національний технічний університет

«Харківський політехнічний інститут»,

²ПрАТ «НКМЗ», м. Краматорськ,

³Українська інженерна педагогічна академія, м. Харків

Досліджено вплив конструктивних параметрів і подачі інструменту на величину розрахункової волнистості при обробці зубчастих коліс стандартними двадцятиградусними фрезами і фрезами з дискретністю різальних зубців (зі зменшеним профільним кутом зубів і довжиною ріжучої частини зубів). Показано, що при однаковому зовнішньому діаметрі і подачі висота розрахункової хвилі при обробці коліс фрезами з дискретністю різальних зубців в 1,5 рази менше, ніж для черв'ячних фрез по нормалі «НКМЗ» і майже в 2 рази менше, ніж для фрез по ГОСТ 9324-80. Ефективність фрез з дискретністю різальних зубців особливо проявляється в діапазоні чисел зубів $Z = 30-90$, де при значно меншому, ніж для стандартних фрез профільному вугіллі зубів, розрахункова висота хвилі в 5 разів менше. Це вказує на можливість істотного підвищення подачі інструменту. Запропоновано узагальнений графік залежності величини розрахункової волнистості від подачі черв'ячних фрез з дискретними ріжучими зубами при обробці коліс в широкому діапазоні модулів і чисел зубів.

Запропоновано і проаналізовано дві конструкції евольвентних черв'ячних фрез з дискретними ріжучими зубами. Краще застосовувати конструкції фрези з дискретними ріжучими зубами, у яких передні грані зубів інструменту лежать в площинах, дотичних до основного циліндра евольвентного черв'яка. Ця конструкція більш технологічна і підвищує якісні показники як самої фрези, так і оброблюваних поверхонь зубів шевронних коліс. 8 Показано, що точність обробки профілю зубів коліс евольвентними фрезами в 2-3,5 рази вище, а область обробки коліс по 8-й ступеня точності в діапазоні $Z = 18-350$ розширюється до модуля зубів 40 мм. Профілювання фрез з дискретними ріжучими зубами на основі евольвентного черв'яка і виключення похибок дозволяє значно зменшити діаметральні розміри інструменту, що сприяє поліпшенню динаміки обробки, дозволяє підвищити продуктивність, поліпшити ергономіку експлуатації інструменту [1].

Література:

1. Пермяков А.А., Клочко А.А., Охрименко А.А. Мироненко Е.В., Миранцов С.Л. Исследование контактного поля резания червячной фрезы с отдельной схемой формообразования. XX Міжнародна науково-технічна конференція „Прогресивна техніка, технологія та інженерна освіта”, 10 вересня - 13 вересня 2019 року в Національному технічному університеті України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». – Київ: НТУУ «КПІ», 2019. – Т. 4. – С. 332–334.

ОСНОВА ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ЦИЛІНДРИЧНИХ І КОНІЧНИХ ЗУБЧАСТИХ ПЕРЕДАЧ

¹Ключко О.О., ¹Гасанов М.І., ¹Шелковой О.М., ¹Перминов Є.В.,

²Охрименко О.А., ²Юрчишин О.Я.

¹Національний технічний університет «ХПІ», м. Харків,

²НТУ України «КПІ ім. Ігоря Сікорського», м. Київ

Недоліком існуючих циліндричних і конічних зубчастих передач є відсутність повного взаємного контактування усіх зубів один з одним. Кожен зуб шестерні входить в контакт або контактує тільки з одним і тим же зубом колеса або з групою одних і тих же зубів зачіпляються зубчастого колеса в певній послідовності. З метою зниження негативних факторів необхідно підвищувати ступінь точності циліндричних зубчастих передач, що значно збільшує витрати на їх виготовлення і не знімає повністю питання зниження шуму, вібрацій, плавності зачеплення. В результаті дослідження експлуатаційних характеристик зубчастих зачеплень запропонована методика розрахунку підвищення зносостійкості, довговічності і підвищення плавності роботи за рахунок створення і прогнозування певних передавальних чисел, які визначають некрatними зачеплення і забезпечують роботу зубів ведучого зубчастого колеса з усіма зубами веденого зубчастого колеса. Для зменшення освіти мікропiттинга, необхідно використовувати зубчасті пари з некрatними передавальним відношенням, що буде забезпечувати участь усіх зубів в роботі і, як наслідок, рівномірне зношування, а також вибрати мастильний матеріал, призначений для запобігання мікропiттинга. Некратність зубчастого зачеплення характеризується контактуванням кожного зуба шестерні з кожним зубом зачіплюючого зубчастого колеса в певній послідовності і забезпечує прискорену рівномірну прирабативаємість зачепляємих зубчастих коліс, виправлення дефектів при виготовленні та складанні зубчастих передач, зменшення вібрацій, шуму, підвищення зносостійкості і підвищення плавності роботи зубчастих коліс та довговічності.

В результаті дослідження була запропонована методика розрахунку підвищення зносостійкості, довговічності і підвищення плавності роботи за рахунок створення і прогнозування певних передавальних чисел, які визначають некрatними зачеплення і забезпечують роботу зубів ведучого зубчастого колеса з усіма зубами веденого зубчастого колеса [1] з визначенням по максимально допустимому (прийнятому) числа зубів колеса $Z_{k\max}$ і мінімального допустимого числа зубів шестерні $Z_{sh\min}$, передавальному відношенню $i > 1$ і допустимій похибці передавального відношення ω , що забезпечують всі безліч допустимих поєднань передачі масив Z .

Література:

1. Гасанов М.І., Ключко О.О., Заковоротний О.Ю., Перминов Є.В. Технологічний регламент оптимізації систем відновлення функціональних властивостей великогабаритних відкритих зубчатих передач // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Технології в машинобудуванні: зб. наук. пр. / Нац. техн. ун-т «Харків. політехн. ін-т». – Харків : НТУ «ХПІ», 2018. – № 6 (1282) 2018. – С. 107–112.

РОЗШИРЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ МОЖЛИВОСТЕЙ ЗУБОНАРИЗАННЯ КОНІЧНИХ КОЛІС

¹Ключко О.О., ¹Стрілець О.С., ¹Старченко О.П.,

¹Федоренко В.С., ²Охрименко О.А.

¹Національний технічний університет «ХПІ», м. Харків,

²НТУ України «КПІ ім. Ігоря Сікорського», м. Київ

У світовій практиці виробництва конічних передач оновлення нормативних документів проводиться регулярно, існує спеціальна міжнародна організація AGMA (Американська організація виробників шестерень) займається координацією, оновленням, розробкою і публікацією нормативних і рекомендаційних матеріалів з виробництва всіх видів зубчастих передач. Велика частина цих матеріалів через деякий час реєструються як міжнародні стандарти ISO, які потім приймаються багатьма країнами як національні стандарти. Так, наприклад цією організацією в 2007 році опублікований ISO 23509: 2006 "Bevel and hypoid geometry" і вже в 2008-2009 роках багато країн прийняли його як національні, в тому числі і Україна прийняла стандарт ДСТУ-ISO 23509. У цьому матеріалі, заснованому на стандарті фірми Глісон [1], геометрія всіх видів конічних і гіпоїдних, передач розраховується за одним і тим же формулам, змінюються лише коефіцієнти, причому самі формули зручні для складання програми на комп'ютері. Тут, крім осьової форми I, II і III, застосовується ще одна форма, (яка відсутня в ГОСТ 19326-73), в якій кут ніжки розраховується як в формі зуба II, а висота зуба обчислюється за формою зуба I. Цей тип геометрії дозволяє отримувати рівномірну ширину вершинної стрічки зубів, не збільшуючи висоту зуба на зовнішньому торці і використовувати більший діапазон діаметрів і розлучень зуборізних головок.

Багато вітчизняних програми розрахунку геометрії конічних передач, засновані на ГОСТ19326-73, наприклад програму фірми Аскон- "Компас # Gears", так як геометричні параметри реальних конічних передач майже ніколи не вкладаються в рекомендації [2], а програма блокує подальший розрахунок з цими параметрами. Найреальніше зубообробки, з недостатніми величинами налагоджувальних переміщень, можна здійснити на верстатах так званої "нової гами", з верхнім розташуванням трансмісії, де "поза межні" налагоджувальні переміщення бабки виробу не обмежені конструктивними елементами приводу і нарізування таких конічних зубчастих коліс, які не вписуються в верстат через збільшеного зовнішнього конусного відстані можна обробляти при зміні настроювальних параметрів.

Література:

1. Bevel and Hypoid Gear Geometry: 9/2002, ISO/TC 60/SC 2/WG 13 DOC N43 Rev.3, Working Draft, 96 p.
2. Dr. Ing. Hartmuth Muller and Dr. Ing. Joachim Thomas, "Face Hobbing versus Face Milling-two heavyweights in manufacturing", Journal, Gear Solutions, September 2007, pp.48-60.

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ БАШТОВИХ КРАНІВ ШЛЯХОМ ЗАСТОСУВАННЯ ЕНЕРГООЩАДНОГО КЕРУВАННЯ

Коваленко В. О., Коваленко О. О., Стрижак В. В.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,
м. Харків*

На сьогодні при реконструкції вантажопідійомних машин переважають проекти направлені на відновлення мостових і козлових кранів. Галузь баштових кранів, які мають ряд суттєвих особливостей, залишається охопленою недостатньо.

Заропонована енергоощадна дистанційна система керування баштових кранів на базі частотно-регульованого приводу передбачає:

- обладнання крану сучасними енергоефективними частотно-регульованими приводами;
- обладнання крану сучасною регульовально-керуючою апаратурою і комплексом датчиків включно з відео оглядом сліпих зон.
- автоматичне позиціонування вантажу з різними критеріями оптимальності: за часом, витратами енергії або мінімальним динамічним навантаженням;
- можливість зменшення потужності встановлених електродвигунів на механізмах повороту і пересування;

Всі виробники сучасних кранових частотних приводів зазначають лише загальновідомі дані про економію енергії і поліпшення плавності роботи. При цьому, ніхто не може дати кількісну оцінку отриманих переваг. На кафедрі ПТМ проведені дослідження динаміки і енергоспоживання кранових механізмів з частотно-регульованим приводом і отримані науково-обґрунтовані закономірності, які дозволяють оцінити кількість збереженої енергії і кількість робочих циклів, на які збільшується термін служби металоконструкції, обґрунтовано суттєву економію енергії в перехідних етапах руху кранових механізмів і можливість повернення енергії в мережу на етапі гальмування.

Просування будь якої нової ідеї неможливе без практичної реалізації і підтвердження її роботоспроможності. Просування запропонованих рішень неможливе на прикладі діючого баштового крану, оскільки баштові крани постійно змінюють своє місце розташування разом з новим об'єктом будівництва і майже постійно в роботі. Тому розпочато роботи зі створення науково-паркової зони на базі майданчика з поворотним краном, що розташований у дворі електрокорпусу НТУ «ХПІ». Одна з цілей цієї зони – створення виставково-дослідного зразка енергоощадної системи керування, встановленої на реальний кран для випробування нової системи керування.

COST REDUCTION IN SUPPLY CHAIN OF COLLECTION AND RECYCLING WASTE OF PRODUCTION

Kovalenko V., Parkhomenko O.

National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", Kharkiv

An effective manufacturing recycling solution creates a seamless process from waste creation to waste disposal and minimize waste at source. It is also important that waste materials, that can be re-used, recycled or sold, are collected and handled properly.

In most cases commonly observed wastes in manufacturing facilities include waste from overproduction, defects, waiting times, unnecessary motion and transportation, inventory, over-processing and unused time.

The purpose of this work is to develop a concept of reduction manufacturing waste and costs for it by creating supply chain's optimization system.

Inspection the nature and quantum of waste, that generated in manufacturing facility, plays one of the most important roles. It helps to control the materials being used in the manufacturing process and reduce the amount of excess raw materials in stock and quantity of hazardous materials to bring down the amount of waste generated.

Sometimes packaging section may be the main culprit of waste, so the solution is to redesign the product packaging to ensure it uses the minimum amount of materials.

One of the most popular methods in utilization logistics is also a volume reduction. It refers to the segregation techniques that remove the hazardous portion of waste from the nonhazardous portion. These methods help in reducing the volume and the cost of waste disposal.

They can be broadly divided into 2 categories – waste concentration and source segregation. The former may increase the likelihood of the material being reused or recycled and the latter consists of different types of materials within the waste being treated separately so that the metal value in the sludge can be recovered.

Recycling is another popular choice. Recycle materials like paper, plastic, and metal regularly, and avoid recycling hazardous materials as it rarely has any environmental benefits.

Sorting is an important step which should be carried out systematically before the actual recycling process. Sorting the waste ensures that the recyclable items are getting to the right place.

Adoption of a closed loop manufacturing system helps to keep track of inventory and utilize recycled materials in the production cycle. Moreover, closed loop systems assists in extending the lifespan of chemicals by maximizing how efficiently they are used. This stands in reducing the amount of contamination being produced and minimizes the number of new chemicals that need to be purchased.

Industrial sludge and wastewater make up a significant portion of manufacturing waste streams. Reduction these elements can be possible by minimizing water usage in the operations. This can be achieved by using chemical drying agents, reverse osmosis, dry machining, or membrane biological reactor.

НАГРІВАННЯ МАТЕРІАЛУ У ВИСОКОТЕМПЕРАТУРНОМУ ГАЗОВОМУ ПОТОЦІ

Крахмальов О.В.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,
м. Харків*

Головними цільовими процесами, які відбуваються з частинками матеріалу у високотемпературному газовому потоці, є надання матеріалу напрямленого руху і його нагрівання до температури плавлення і вище. Крім того, частинки дисперсної фази активно взаємодіють з навколишнім середовищем. Можливі дві стадії теплових процесів, які проходять із частинкою дисперсної фази в потоці. Ці стадії відрізняються спрямуванням процесу. На початковій стадії обробки матеріалу проходить нагрівання його потоком. З часом, по мірі руху частинок у потоці, ситуація може змінюватися на протилежну. Це відбувається у випадку потрапляння частинок у холодну периферійну область потоку, а також при віддаленні частинок від зрізу сопла в тих областях потоку, де температура газу стає нижчою за температуру матеріалу частинки.

Теплообмін між частинкою і несучим потоком газу здійснюється теплопровідністю, конвекцією і випромінюванням. Він залежить від характеру руху газу, його властивостей, температурного поля, а також геометричних характеристик частинок. Навіть тоді, коли частинка ще залишається твердою, можуть з'явитися додаткові канали теплообміну: хімічні реакції між компонентами газового середовища і матеріалом, що нагрівається, процеси сублімації, адсорбції, випаровування, електронної емісії. В об'ємі можуть виникати додаткові джерела, пов'язані з міжфазною взаємодією. Це особливо суттєво для композиційних матеріалів.

Після переходу в розплавлений стан до вказаних явищ додаються процеси, які проходять в об'ємі частинки і пов'язані із взаємодією компонентів газового середовища з розплавом (хімічні реакції, розчинення, газовиділення). Після плавлення посилюється роль процесів випаровування, а також явищ, пов'язаних з електронною емісією. Таким чином, при детальному розгляді теплообміну матеріалу, який напильюється, з потоком у тепловому балансі треба враховувати існування джерел тепла в об'ємі і на поверхні частинок, а також наявність процесів, які повертають частину енергії в потік.

В реальних процесах теплообміну зазвичай спостерігаються два або всі три види передачі тепла, що діють одночасно. Так, теплообмін між частинкою матеріалу і струменем високотемпературного газу відбувається одночасно за допомогою теплопровідності і конвекції. У нагріванні каналу сопла плазмового розпилювача стовпом дуги беруть участь одночасно всі три види теплопередачі. Для опису процесів теплопередачі і прискорення частинок у високотемпературному потоці використовують такі критерії: число Рейнольдса, число Маха, критерій Прандтля, число Кнудсена та число Нуссельта.

ЧЕРГУВАННЯ ПОЛІПШУЮЧИХ ТА РАДИКАЛЬНИХ ТЕХНОЛОГІЙ В СПРАВІ ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ТА ЕФЕКТИВНОСТІ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ

Крижний Г.К., Норик Е.В.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,
м. Харків*

Основу машинобудування складають металорізальні верстати. З далеких часів це обладнання пройшло значний шлях розвитку і вдосконалення. Але незмінним лишився фізичний процес – наявність зони напружено-деформованого стану (НДС) між металом оброблюваної заготовки та ріжучим клином, де і відбувається відділення певного шару металу заготовки – стружки.

Саме в зоні НДС мають місце поліпшуючі технології і саме аналізу процесів, що протікають в цій зоні, присвячені численні наукові дослідження. Один із напрямів – створення конструкційних матеріалів з характеристиками, сприятливими для обробки різанням. Але тут є обмеження – без втрат експлуатаційних властивостей виготовлених деталей. Інший напрям полягає в зменшенні температури в зоні різання, особливо ріжучого клина інструменту. Для цього в зону різання подається змащувально-охолоджувальна рідина. В результаті створюється умова для збільшення швидкості різання і чистоти оброблюваної поверхні та підвищення продуктивності обладнання. Третя, і головна, складова процесу різання – це інструмент. Номенклатура різального інструменту досить значна, але є одна особливість: усі вони мають ріжучий клин у однині або у множині. Згадані вище технології мають характеристику поліпшуючих. Але стосовно інструменту можна назвати і радикальну технологію, яка має матеріалознавчу природу і складається з декількох етапів: інструментальні сталі, тверді сплави, надтверді матеріали. За короткий період часу завдяки прогресу інструментальних матеріалів стійкість інструментів значно зросла, що вплинуло на якість обробки і на розвиток верстатобудування.

Для особливо трудно оброблюваних металевих деталей з'явилися електрофізичні та електрохімічні процеси обробки та верстати для їх реалізації. В цих процесах відсутній ріжучий клин, це радикальні для розмірної металообробки технології.

Поступове удосконалення конструкції верстатів уступило місце застосуванню комп'ютерних технологій в їх управлінні, що привело до виробництва багатоцільових верстатів, які можуть виконувати більш різноманітну і глибоку обробку деталей, суттєво скорочуючи потрібний верстатний парк. Це також є радикальна технологічна інновація.

Отже, спочатку застосовуються поліпшуючі технології, як доступніші, і часто очевидніші, а коли вони вичерпують потенціал базової технології і становляться не ефективними, тоді їм на зміну приходять радикальні технологічні інновації, які можуть різко підняти якість продукції. І так відбувається цикл за циклом: поліпшуючі технології до кінці використовують потенціал радикальних технологій, а радикальні розкривають нові перспективи.

ПРОГНОЗУВАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ГІДРОТУРБІН ЗА ДОПОМОГОЮ ПРОГРАМНИХ КОМПЛЕКСІВ CFD

Крупа Є.С., Недовєсов В.О.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,
м. Харків*

Актуальність теми дослідження обумовлена необхідністю прогнозування з високою точністю енергетичних характеристик гідротурбін. Для малих (до 5 МВт) і деяких середніх станцій проведення випробувань моделі не виправдано дорого, і багато фірм для контролю енергетичних параметрів вимагають проведення розрахунків з використанням комерційних пакетів програм. Візуалізація результатів розрахунку кінематики тривимірного течії, інформація про втрати і розподіл досліджуваних параметрів в проточній частині гідротурбіни дають можливість на стадії проектування зрозуміти шляхи досягнення більш високих значень ККД, отримати інформацію про моменти на лопатках направляючого апарату і лопатях робочого колеса, величину осьової сили, які необхідні конструктору для прийняття рішень про вибір сервомотора, підшипника і т.д.

В роботі запропоновано рекомендації щодо вибору основних параметрів розрахункової моделі (тип елементів і розмір розрахункової сітки, варіант моделі турбулентності, тип взаємодії між обертовими і нерухомими елементами проточної частини).

Представлено методику побудови гексаедральної розрахункової сітки для спіральних камер і колон статора РО і ПЛ гідротурбін, яка дозволяє коректно вирішити течію в області пограничного шару та істотно скоротити вимоги до обчислювальних ресурсів і часу розрахунку.

Розроблено методику прогнозування енергетичних характеристик РО і ПЛ гідротурбін на основі розрахунку тривимірного в'язкої течії в гідротурбіні в повній постановці (від входу в спіральну камеру до виходу з відсмоктуючої труби) на персональному комп'ютері з використанням програмного комплексу CFD.

Описано кроки по визначенню раціональних параметрів розрахункової моделі гідротурбін типу РО та ПЛ: тип і розмір сітки, модель турбулентності, граничні умови та інші.

Показано, що прогнозування енергетичних характеристик на основі запропонованої методики дозволяє проводити розрахунок тривимірного течії в'язкої рідини в стаціонарній постановці без використання високопродуктивного кластера і забезпечує гарне узгодження з результатами експерименту.

ВИБІР ПАРАМЕТРІВ ЕЛЕКТРОГІДРАВЛІЧНОГО СЛІДКУЮЧОГО ПРИВОДА ВИХОДЯЧИ З ПРИНЦИПУ МІНІМІЗАЦІЇ ЕНЕРГОВТРАТ І ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЗАДАНОЇ ТОЧНОСТІ ПОЗИЦІЮВАННЯ РОБОЧОГО ОРГАНА

Крутіков Г. А., Стрижак М.Г., Акінджи С.
Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків

При проектуванні електрогідравлічного сліdkуючого привода (ЕГСП) зазвичай ставиться задача забезпечення заданої точності позиціювання і заданого часу спрацювання привода в умовах позиційного керування. В даному дослідженні вихідною функцією мети є мінімум енерговитрат при заданих умовах функціонування ЕГСП.

У результаті реалізації цього принципу отримана залежність оптимальної сили привода $A_{\text{опт}}$ і оптимальної потужності привода $N_{\text{опт}}$ від вихідних показників: $A_{\text{опт}} = (12,6m \cdot L)/t_c^2$; $N_{\text{опт}} = (18,7m \cdot L^2)/t_c^3$ (m – маса рухомих частин, L – повний хід поршня, t_c – заданий час спрацювання привода). Орієнтуючись на значення $A_{\text{опт}}$ знаходять оптимальну площу поршня $F_{\text{п}}^*$ і оптимальний тиск налаштування напорного клапана $p_{\text{н}}^*$ ($A_{\text{опт}} = F_{\text{п}}^* \cdot p_{\text{н}}^*$). Наступним етапом динамічного синтезу є вибір параметрів ЕГСП, які забезпечують задану точність позиціювання робочого органа $\pm \Delta y$ і заданий час спрацювання t_c . В основі вирішення цієї задачі лежить логарифмічна амплітудно-частотна характеристика (ЛАЧХ), побудована на основі передавальної функції розімкненого привода. Тут вимогу заданої точності позиціювання вдається зобразити у вигляді забороненої області у низькочастотній частині ЛАЧХ, а вимогу заданого часу спрацювання – у вигляді забороненої області у середньочастотній частині ЛАЧХ. Виходячи з першої умови, коефіцієнт добротності k_d повинен відповідати нерівності $k_d \geq k_d^{\min}$, де $k_d^{\min} = \Delta I k_{\text{ЕГП}} / 2F \Delta y$; F – площа поршня; $k_{\text{ЕГП}}$ – коефіцієнт підсилення електрогідравлічного підсилювача (ЕГП); ΔI – статизм струму керування, зумовлений залишковим магнетизмом електромагнітної системи ЕГП. Виходячи з другої умови, коефіцієнт добротності k_d повинен відповідати нерівності $k_d \leq k_d^*$, де $k_d^* = 8,33/t_c$. Побудована таким чином бажана ЛАЧХ привода дозволяє прийняти рішення про необхідність введення корегуючих ланок. Якщо $k_d^{\min} \geq k_d^*$, то на вхід електронного підсилювача вбудовується корегуюча ланка у вигляді електричного РС – ланцюга. Пропонується графо-аналітичний метод вибору структури і параметрів корегуючої ланки.

ДОСЛІДЖЕННЯ ДЖГУТОВИХ ПУЛЬСАЦІЙ ТИСКУ У ВІДСМОКТУЮЧІЙ ТРУБІ ГІДРОТУРБІНИ РО230

Кухтенков Ю.М., Бондаренко Д.Ю.
*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,
м. Харків*

Чисельне дослідження робочого процесу в проточних частинах гідротурбін за допомогою сучасних обчислювальних програмних комплексів є важливою задачею в енергомашинобудуванні. Застосування чисельного моделювання надзвичайно розширює можливості аналізу впливу геометричних та кінематичних параметрів вихрових джгутів у відсмоктуючих трубах радіально-осьових гідротурбін на пульсаційні характеристики.

Таким чином, науково-практична задача, яка пов'язана з розрахунком пульсацій тиску у відсмоктуючих трубах радіально-осьових гідротурбін є актуальною та була закладена в основу наукових досліджень. Метою даної роботи було чисельне дослідження просторового потоку на основі просторової математичної моделі руху вихрових джгутів у відсмоктуючій трубі вертикальної радіально-осьової гідротурбіни РО230 та отримання її пульсаційних характеристик та їх порівняння з експериментальними даними одержаними одержаними на модельній гідротурбіні у гідротурбінній лабораторії ВАТ «Турбоатом». Необхідно було дати рекомендації, як дану програму доцільніше використовувати в подальшому для розрахунку пульсації тиску у відсмоктуючих трубах РО гідротурбін.

Теоретичні дослідження роботи ґрунтувалися на фундаментальних положеннях механіки рідини й газу, методах математичного та фізичного моделювання робочого процесу гідротурбін. Для чисельного дослідження використана математична модель Григор'єва В.І., де вплив стінки відсмоктуючої труби враховувався заміною її вихровим шаром змінної інтенсивності.

При розрахунку пульсаційних характеристик тиску важливим моментом було отримання інформації про геометричні параметри вихрових джгутів у відсмоктуючій трубі – ексцентриситету джгута, діаметра джгута, і кута підйому вихрової лінії, якщо вихровий джгут представлений гвинтовою спіраллю.

Співробітники каф. гідротурбін НТУ «ХПІ» спільно з працівниками ВАТ «Турбоатом» провели експериментальні дослідження на модельному стенді з метою визначення геометричних параметрів вихрових джгутів за робочими колесом за допомогою тензометричних зондів у відсмоктуючій трубі гідротурбіни РО230 в широкому діапазоні її роботи. За експериментальними даними в окремих точках будувалися інтерполяційно-апроксимуючі залежності, що дозволили отримати інформацію про геометрію джгутів для широкого діапазону роботи гідротурбіни РО230 і в подальшому їх використовувати в розрахунках пульсаційних характеристик і у розрахунках на міцність окремих елементів гідротурбіни.

ПЕРСПЕКТИВИ ГІДРОЕНЕРГЕТИКИ УКРАЇНИ

Ландау Ю.О., Калініна Л.Г.

***ПАТ «Укргідропроект»,
м. Харків***

У світовій електроенергетиці, в даний час, відбувається перерозподіл структури генеруючих потужностей. У 2018 р. потужність відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) складала більше 2360 млн. кВт (32% потужностей світової генерації), у тому числі: ГЕС – 1200 млн. кВт, вітроелектростанції (ВЕС) – 564 млн. кВт, сонячні (СЕС) – 480 млн. кВт; біоелектростанції та ін. – 130 млн. кВт. Відповідно до «Енергетичної стратегії України на період до 2035 р.» (ЕСУ) передбачається подальше зростання потужностей ВДЕ, в першу чергу за рахунок СЕС і ВЕС з досягненням вироблення ВДЕ (без великих ГЕС) в 2025 р. – 12 млрд. кВт. ч (6,7% від загального виробітку), в 2035 р. – 25 млрд. кВт. ч (12,8%).

З інтенсивним розвитком СЕС і ВЕС зростає роль балансуєвих високоманеврових потужностей, в першу чергу ГЕС і ГАЕС, в регулюванні графіків навантажень і забезпеченні стійкості і надійної роботи об'єднаних енергосистем (ОЕС), що вимагає зміни їх структури. В Україні відбувається поетапний перехід до нової інноваційної моделі функціонування електроенергетики в умовах створення повноцінного енергоринку і планованої інтеграції ОЕС України з європейською енергосистемою (ENNSO-E).

У цих умовах, в першу чергу, ставиться завдання завершити будівництво Дністровської ГАЕС з введенням нових гідроагрегатів із збільшенням потужності до 2270 МВт; Ташликської ГАЕС з введенням другої черги гідроагрегатів при збільшенні потужності до 906 МВт; будівництва Канівської ГАЕС із загальною потужністю 1000 МВт.

При планованому зростанні потужностей ВЕС і СЕС до 2035 р. і для їх надійної і ефективної роботи із забезпеченням балансової стабільності в умовах негарантованої відпустки електроенергії прогнозується введення нових потужностей ГАЕС до 3 млн. кВт із загальним збільшенням потужності ГЕС і ГАЕС до 12 млн. кВт.

При зростанні експорту електроенергії в умовах інтеграції з ENNSO-E і єдиним ринком з 6,2 млрд. кВт. ч (2018 р.) до 20 млрд. кВт. ч, поважно експортувати не дешеву базову електроенергію, а дорогу пікову електроенергію для чого необхідно ввести нові потужності ГАЕС. Важливою перевагою використання ГАЕС в Україні є те, що весь цикл їх реалізації, включаючи розробку, проектування, виготовлення енергетичного устаткування, будівництво виконуються українськими організаціями і підприємствами. При цьому для подальшого введення середніх і крупних ГАЕС, враховуючи їх тривалий інвестиційний цикл, необхідно з 2020 р. почати роботи по вибору майданчиків і проектуванню проточних частин нових насоса-турбін.

ДОСЛІДЖЕННЯ ОПТИМІЗАЦІЇ МЕТАЛОКОНСТРУКЦІЙ МОСТОВИХ КРАНІВ

Ляшенко В. Ю., Лапін Д.А., Гнатенко Г.О.

***Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»
м. Харків***

Дослідження, спрямовані на оптимізацію металоконструкцій мостових однобалкових кранів, а саме головних і кінцевих балок, із застосуванням методу скінчених елементів та міжнародних стандартів проектування.

У зв'язку із процедурою гармонізації Українських технічних стандартів до стандартів ЄС, стандарти ГОСТ відмінені національним органом стандартизації тобто не чинні в Україні і не можуть бути використані у будь-якому офіційному вигляді – безпосередньо чи шляхом посилання на них в інших документах. В такій ситуації є доцільним застосування в конструкції мостових однобалкових кранів двутаврів та швелерів з сортаментів європейських, американських та інших міжнародних стандартів DIN, ISO, EN, ASTM.

Серед факторів, які заважають ефективно застосовувати в конструкції мостових кранів зазначені сортаменти, одним з основних є такий, що на сьогоднішній більшість підходів до проектування металоконструкцій, зокрема [1,2], спираються на сортаменти за ГОСТ (ДСТУ), що є поширеними на пострадянському просторі.

В роботі виконано огляд сучасних стандартів на сортаменти двутаврів та швелерів, виявлені основні галузі їх застосування, особливості впливу зовнішнього навантаження. Проведений огляд дозволив виявити основні стандарти двутаври з яких раціонально застосовувати в таких конструкціях, зокрема зі стандартами ІРЕ.

Аналіз напружено-деформованого стану металоконструкції однобалкового крану було виконано за допомогою методів скінчених елементів у середовищі програми Autodesk Inventor. Суть методу закладена в його назві: систему (стрижневу або континуальну) розбивають на певне число окремих частин кінцевих розмірів (кінцевих елементів), що мають ті ж фізико-механічні характеристики, що й задана конструкція. Після цього точно або наближено вивчають напружено-деформований стан кожного кінцевого елемента методами.

Література:

1. Александров М.П. Подъемно-транспортные машины (Подъемно-транспортные машины) Вища школа. 1972.
2. Иванченко Ф.К. Расчеты вантажопідйомних і транспортуючих машин (Расчеты грузоподъемных и транспортирующих машин) Вища школа. 1978.

ВЗАЄМОЗВ'ЯЗОК ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ, ТЕХНОЛОГІЧНИХ І ГЕОМЕТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ КОЛІС З ЕКВІДИСТАНТНИМИ ЛІНІЯМИ ЗУБІВ НА КОНІЧНІЙ ОСНОВІ

Мироненко О.Л., Кобець О.В., Мироненко С.О., Миронюк Б.І.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,
м. Харків*

На підготовчій стадії виробництва при створенні продукту, що характеризується широкими споживчими якостями, задіяно широкий спектр фахівців. Першою проблемою є інформаційна сумісність продукту на різних стадіях виробничого життєвого циклу. Це пов'язано з різким зростанням кількості вхідних параметрів. Особливо гостро в наукомістких галузях стоїть проблема сумісності геометричних параметрів об'єкта на стадії моделювання, технологічних - на етапі технологічної підготовки виробництва і експлуатаційних - при використанні виробу. Другою проблемою є визначення початкових значень, інтервалів можливих значень та взаємозв'язків між параметрами. Пропонується підхід, що дозволяє по набору певних, завчасно визначених експлуатаційних характеристик призначити геометричні параметри.

У даній роботі об'єктом досліджень є процес формоутворення западин між зубами коліс, розташованих на конічній основі, які мають гвинтову лінію. Її характерною особливістю є сталість кроку уздовж осі конічної основи.

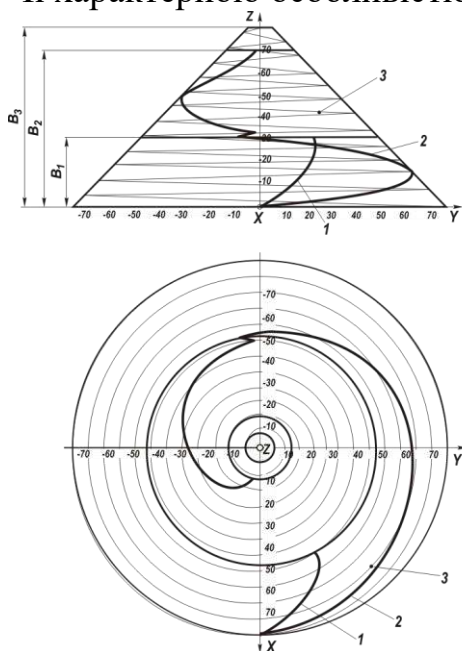


Рисунок 1 - Лінії зубів і ширина вінця B конічного колеса при $\beta \neq \text{const}$

До функціональних можливостей таких передач відноситься зміна кута схрещування вісей під час передачі крутного моменту. Одним з найважливіших параметрів передачі є ширина зубчастого вінця B , який значно впливає на масо-габаритні характеристики передачі:

$$B = R_1(1 - \cos \beta_i) \operatorname{ctg} \varepsilon,$$

де R_1 - радіус основи конуса;

β_i - кут нахилу лінії зуба;

ε - кут твірної конуса.

Було виведено математичну залежність зміни кута β уздовж лінії зуба.

Це дозволило провести серію обчислювальних експериментів і отримати масив приватних рішень:

1.	$R_1=75$	$\varepsilon=45$	$\beta=50^\circ 10'$	$B=27,57$ мм
2.	$R_1=75$	$\varepsilon=45$	$\beta=80^\circ$	$B=62,23$ мм
3.	$R_1=75$	$\varepsilon=45$	$\beta=89^\circ$	$B=70,71$ мм

THE IMPACT OF NUMERICAL SIMULATION OF FLUID FLOW IN A HYDRAULIC TURBINE

Mironov K.A., Oleksenko Yu.Yu.

*National Technical University
«Kharkiv Polytechnic Institute»,
Kharkiv*

The development of modern technology in the design of hydraulic turbines is very important in our time. By conducting a study of the fluid flow in the flow part of a high-pressure Francis turbine, we can increase its energy performance, which will lead to an increase in efficiency. Thus, during the reconstruction and modernization of hydropower plants in Ukraine and abroad will be able to increase the efficiency of the turbines themselves.

The study and its analysis affect the economic and political component, as well as the environment, which is an important issue today.

The economic impact lies in the development of new products and services that increase the productivity and efficiency of hydraulic turbines. Work on the subject matter of this study will lead to the development of future technologies, including innovations of commercial value. The design and construction of a hydropower plant and in particular a turbine is an expensive project requiring large investments and labor hours. When using this study, we reduce the economic part and the detrimental effect on the environment. The analysis of indicators showed the feasibility of further studies of the flow part of the high pressure Francis turbine. This CFD approach reduces costs and time compared to the experimental approach and allows you to improve and analyze the performance of the turbine and its design before making the model.

An important factor is the political component. Developing scientific activities in this direction, we will be able to receive orders and cooperation with countries where there are hydroelectric power stations. New partners and investors will appear for the country's economy, as well as government orders.

Environmental Impact: Using computer calculations, we achieve higher efficiency and improve all energy performance. In this way, the harmful production of turbine parts is reduced since, according to the calculation results, a hydraulic turbine is manufactured in its final form. Using the CFD forecasting approach, we eliminate possible errors and unnecessary turbine models. Due to the reduction in production, harmful emissions from plants are reduced. With higher efficiency, the efficiency of generating electricity through water increases. To preserve nature, we should pay more attention to renewable energy sources, one of which is hydropower. Water energy conversion is an environmental type of electricity production.

The use of modern technologies for the design of hydraulic turbines will increase energy efficiency and reduce the economic component. This will allow engineers to see the picture of the fluid flow in the initial stages of computer design. By reducing losses in the flow part, we improve the quality of the turbine itself.

ИННОВАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ТЕРМОСТАТИРОВАНИЯ КОНСЕРВАЦИОННОЙ ЖИДКОСТИ ДЛЯ ПРОМАСЛИВАНИЯ ЛИСТОВОГО ПРОКАТА

Музыкин Ю.Д., Гайдамака А.В., Татьков В.В.

*Национальный технический университет
«Харьковский политехнический институт»,
г. Харьков*

Представленная работа – этап комплексных разработок кафедры «Детали машин и мехатронных систем», направленных на совершенствование системы промасливания холоднокатанного листа широкополосных станов 1700-1 и 1700-2 цеха ЦХП-1 меткомбината ПАО «Запорожсталь».

Для эффективного выполнения технологического процесса промасливания, путем распыления на поверхность холоднокатанного листа консервационного покрытия, необходимо обеспечить строгое соблюдение двух условий: поддержание заданной температуры масла в зоне распыла форсунки и обеспечение скорости его истечения. Реализация этого требования возможна только при наличии современных нагревательных устройств, которые реализуют двухступенчатую схему термостатирования консервационной жидкости.

Первая ступень обеспечивает нагрев жидкости в гидробаке посредством установки позисторных маслонагревательных перегородок ПБМНПТ либо непосредственно в гидролинии в позисторных малогабаритных проточных нагревателях МНПТ. Вторая ступень обеспечивает существенно более тонкое регулирование температуры за счет использования элемента Пельтье, который устанавливается на указатель потока УПД-Т непосредственно перед форсунками. Согласование работы первой и второй ступеней позволяет осуществлять тонкое регулирование требуемой температуры смазочной жидкости в любое время года.

На первой ступени термостатирования для нагрева используются позисторные нагревательные элементы ПНЭ, основным элементом которых является позисторная керамика, обладающая линейной связью между температурой элемента и его электрическим сопротивлением. На второй ступени охлаждение консервационной смазки осуществляется за счет использования термоэлемента Пельтье ТЭС1-12740, который представляет собой совокупность термопар, выполненных из полупроводников различного типа и соединенных между собой пластиной. Если через проводники пропустить электрический ток, то один из них нагреется, а другой, напротив, охладится.

Предложенная элементная база как в отдельности, так и в целом в гидросистеме для промасливания успешно прошла лабораторные и промышленно-натурные испытания на участках дрессировочных станов и агрегатов поперечной резки, что позволяет рекомендовать предлагаемую схему термостатирования для широкого использования.

ПЛАНИРОВАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТА ПРИ ОЦЕНКЕ УСТАЛОСТНОЙ ПРОЧНОСТИ ЭЛЕМЕНТОВ СИЛОВЫХ МЕХАНИЧЕСКИХ ПРИВОДОВ

Музыкин Ю.Д., Гайдамака А.В., Татьков В.В.

*Национальный технический университет
«Харьковский политехнический институт»,
г. Харьков*

Из анализа литературной и патентной информации следует, что основным видом приводов тяжело нагруженного оборудования традиционно остаются силовые механические приводы. Опыт их эксплуатации показывает, что наиболее характерным видом отказов являются усталостные разрушения отдельных элементов, которые, как правило, приводят к аварийным остановкам оборудования. Предотвращение таких ситуаций возможно только при совершенной организации контроля технического состояния привода. Периодичность и перечень параметров контроля не могут быть строго определены теоретически, а требуют проведения экспериментальных работ. Связано это с тем, что усталостное разрушение носит случайный характер и существующие теоретические зависимости дают только качественные оценки, а количественные показатели можно получить только экспериментальным путем.

Регламентирующий параметр контроля всегда является многофакторной зависимостью, на которую влияют такие независимые переменные как геометрия и линейные размеры детали, макро и микрогеометрия ее поверхности, свойство материала и термообработка, силовые и температурные характеристики нагружения и так далее. Если окажется, что влияния этих переменных на исследуемый параметр сопоставимы, то согласно центральной предельной теореме вероятностей параметр контроля будет подчиняться нормальному закону распределения. Обычно в процессе работы в широком диапазоне изменяются не более трех из рассмотренных переменных, и поэтому при планировании эксперимента используется, как правило, наиболее простой и достаточно информативный ротатбельный центральный композиционный план РЦКП на трех уровнях. Основное его достоинство – это небольшое количество экспериментов (двадцать) и простота нахождения функции отклика в виде полинома второго порядка. Недостаток – невозможность построения однопараметрических моделей по трем экспериментальным точкам: центр плана и две звездные точки в направлении переменной.

Указанный недостаток может быть решен, если увеличить число точек при построении до пяти за счет роста числа экспериментов в шести точках, лежащих на пересечении осей звездных точек и плоскостей, проведенных через соответствующие узловые точки плана. В этом случае, кривая, проведенная через пять точек, существенно более полно отражает характер исследуемой зависимости и, следовательно, предложенный модифицированный план РЦКП может быть эффективно использован как при оценке вероятности аварийных отказов, так и организации системы планово-предупредительных ремонтов силовых механических приводов.

ВДОСКОНАЛЕННЯ РЕЖИМІВ РУХУ ЕЛЕКТРИЧНОГО ТЕЛЬФЕРА

Мухін О. В., Дядечко С. Р., Стрижак В. В.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,
м. Харків*

В загальному випадку, робочий цикл кранового механізму характеризується трьохперіодною тахограмою (рис. 1).

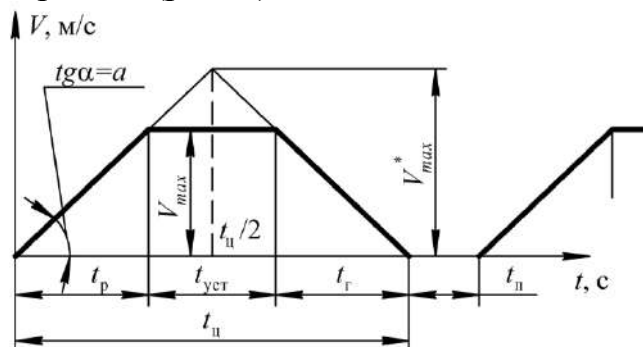


Рисунок 1 – Тахограма роботи кранового механізму впродовж робочого циклу.

Загальний час циклу $t_{\text{ц}}$ складається з часу розгону механізму – $t_{\text{р}}$, часу усталеного руху – $t_{\text{уст}}$ і часу гальмування – $t_{\text{г}}$; a – прискорення, уповільнення.

Шлях крана H визначається площею трапеції. При деякій швидкості V_{max}^* трапеція перетвориться в трикутник і шлях крану H при цьому буде дорівнювати.

Рис. 1 ілюструє умову досягнення найменшого часу робочого циклу. Через те, що площа трикутника більше площі трапеції, пройдений шлях за той самий час за трикутною тахограмою буде більше. При цьому, для досягнення найменшої тривалості циклу, прискорення при пуску і гальмуванні повинні мати максимальні значення.

Таким чином, скоротити час перевантажувального циклу можливо збільшивши максимальну швидкість V_{max} в період усталеного руху, оскільки зі збільшенням V_{max} за однакового прискорення площа трапеції (тобто пройдений шлях) буде збільшуватись при сталому значенні загального часу циклу $t_{\text{ц}}$. При цьому мінімальний час перевантажувального циклу забезпечується, коли максимальна швидкість досягає значення V_{max}^* .

Практично скоротити час робочого циклу за даним способом можливо застосувавши частотно-регульований привід, який здатний забезпечити рух електричного тельфера зі швидкістю більше номінальної.

КОНВЕЄРНІ РОЛИКИ З КОМПОЗИТНИХ МАТЕРІАЛІВ

Новосельцева К.О., Терещенко С.С., Коваленко В.О.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,
м. Харків*

У роботі розглянуто питання: конструкції конвеєрних роликів з композитних матеріалів, аналіз та необхідні коригування розрахунку конструкційних параметрів роликів з композитних матеріалів.

Композитні матеріали мають певний комплекс властивостей і характеристик, що вирізняють їх на тлі звичних нам конструкційних матеріалів. Утворені поєднанням двох або більше видів різнорідних матеріалів, вони наділені такими характеристиками, яких не мають окремі компоненти сполуки. Наприклад висока жорсткість, висока питома міцність, зносостійкість. Залежно від вибору компонентів наповнювача та основи, їх вмісту можна отримати матеріал, що матиме бажані характеристики для певного виду виробів.

Досвід розробки в галузі композитних матеріалів і їх використання дозволяють вдосконалити конструкційні і технологічні процеси. Вони дають змогу замінити вироби з конструкційної сталі виробами з композитів. Але також необхідно взяти до уваги їх анізотропні властивості, сутність яких полягає у тому, що композитний матеріал буде мати різну реакцію, в залежності від того, у якій площині буде навантажуватись його структура.

Конвеєрні ролики є важливим елементом конвеєра, які призначені для підтримки полотна стрічки, що необхідно для поліпшення роботи установки. Вони складаються з валу, підшипника, маточини, обичайки, пиловловлювачів та деяких інших елементів, які цілком залежать від виду роботи, що потрібно виконати та умов експлуатації. Корпус ролика (обичайка) в загальному вигляді представляє собою металеву трубу, на яку діють хоча невеликі (порівняно з іншими елементами) навантаження, але при цьому є специфічні проблеми щодо їх використання.

Для подальшого успішного впровадження виготовлення та експлуатації конвеєрних роликів з композитних матеріалів у рамках даної роботи наведено приклади розрахунку конвеєрних роликів з металевим корпусом та необхідні корективи для роликів з композитних матеріалів, для визначення основних конструкційних параметрів роликів.

Отже, використання композитних матеріалів має майже необмежену область застосування. При конструюванні та виготовленні опорних роликів можна значною мірою підвищити термін експлуатації, зносостійкість, зменшити його кінцеву вартість та знизити вагу, що безумовно буде мати позитивний остаточний результат.

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ КЕРУВАННЯ РУХОМ ВІЗКА КАБЕЛЬНОГО КРАНА З ВАНТАЖЕМ

Окунь А.О.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

У даній роботі розглядається можливість застосування способу переміщення візка кабельного крана під дією власної ваги при розв'язанні задачі оптимального за швидкодією керування рухом динамічної системи «візок – вантаж», в результаті чого вантаж на гнучкому підвісі переміщується на задану відстань з демпфіруванням коливань.

У лабораторії кафедри "Підйомно-транспортні машини і обладнання" НТУ "ХПІ" було створено експериментальну модель для реалізації вищенаведеного технічного рішення з мікроконтролерною системою керування.

У якості системи керування використовується відкрита програмована апаратна платформа для роботи з різними фізичними об'єктами і представляє собою плату з мікроконтролером, а також спеціальне середовище розробки для написання програмного забезпечення мікроконтролера.

Автоматична система керування без зворотного зв'язку може бути заснована на спрощеному рівнянні визначення довжини несучого каната. Але для цього випадку потрібно внести точні параметри кабельного крана з мінімальною похибкою.

У спеціальному середовищі для написання програмного забезпечення для мікроконтролера була створена програма для визначення кривої провисання несучого каната, за допомогою якої можна заздалегідь задати точку розвантаження та завантаження, тобто вирішується задача точного позиціонування.

Досліджувана конструкція кабельного крана була оснащена автоматичним керуванням на основі мікроконтролера ATmega2560. Рух візка кабельного крана відбувається під дією власної ваги за рахунок перепаду висот між повзунами, до яких кріпляться кінці несучого каната. Повзуни рухаються уздовж ходових гвинтів, які розміщуються на опорах крана. Для здійснення обертання ходових гвинтів використовуються двофазні крокові двигуни, які з'єднані з драйверами керування, що керуються за допомогою мікроконтролера, який в свою чергу під'єднано до комп'ютера.

У пакеті прикладних програм MATLAB отримано розв'язання задачі технічного обчислення керування рухом візка кабельного крана за таким алгоритмом.

1. Введення обмежень та початкових значень фізичних величин.
2. За формулами розраховується крива провисання каната та визначається точка призначення. Визначається траєкторія руху візка.
3. Отримана траєкторія руху реалізується за допомогою автоматичної системи керування.

Працездатність алгоритму керування рухом візка кабельного крана за фактором позиціонування підтверджена експериментальними дослідженнями. Похибка склала 2 %.

НАПРУЖЕНИЙ СТАН ХОДОВИХ КОЛІС МОСТОВОГО КРАНА

Олійник І.О., Варченко І.С.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,
м. Харків*

Плавність переміщення мостового крана – це технічна необхідність, яка впливає на ефективність роботи в цілому. Саме стан коліс безпосередньо впливає на динамічні показники переміщення вантажу, його розгойдування та час операцій підйому та переміщення. Тому дослідження стану ходових коліс та підвищення робочого ресурсу – це доволі актуальне питання.

В нашій роботі ми виявляємо, які напруги діють на ходові колеса при операціях підйому та переміщення вантажу, де є найбільш напружені місця, та як впливають перевантаження крана на ходові колеса.

Для дослідження контактної задачі рейка-колесо, застосуємо Solid Works simulation та виведемо отримані епюри, які зображені на рис. 1.

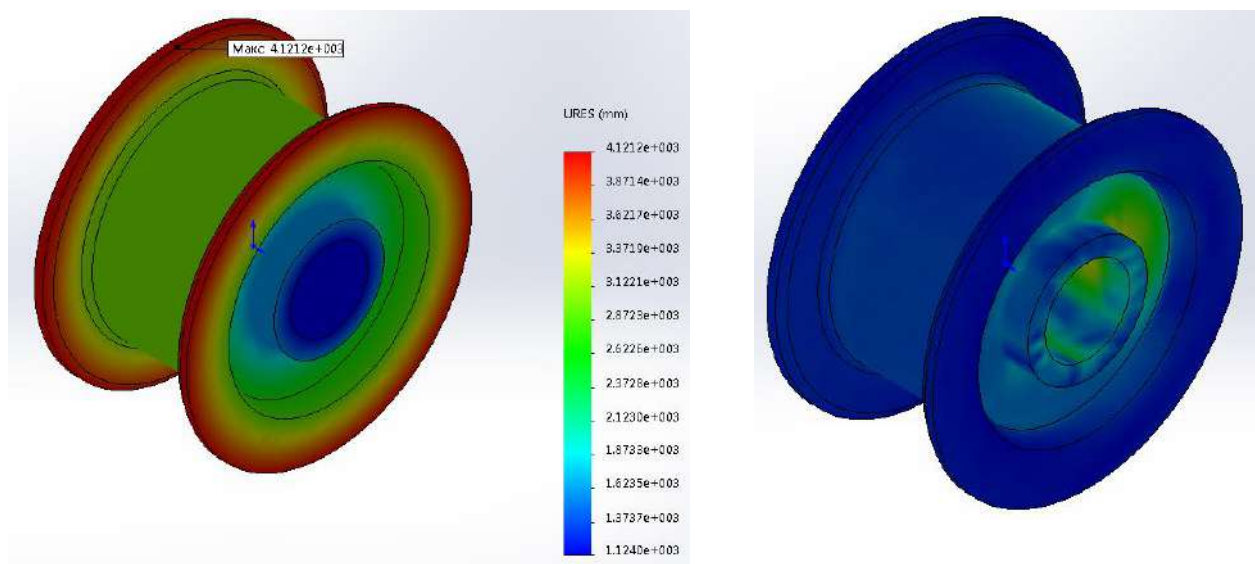


Рис.1 – Епюра напружень ходового колеса мостового крана

Найбільш напружені місця – це: обичайка колеса, а саме, контактна частина; реборда, яка стабілізує колесо. Згідно моделі та дослідженню зношених зразків ходових коліс робимо висновки, що на робочий ресурс впливають такі чинники: неправильність встановлення коліс, перевантаження крана, збільшені стики рейок.

Література:

1. Almatarr Teyzer. Diznaytesya pro SOLIDWORKS 2020: praktychnyy posibnyk dlya dosyahnennya uspishnoho partnera SOLIDWORKS, Packt Publishing, 2019. — 576 p.
2. Григоров О. В. Вантажопідйомні машини / О. В. Григоров, Н. О. Петренко // Харків – 2005 . С. 303.

ЩОДО ВИЗНАЧЕННЯ ВИТРАТНОЇ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДРОСЕЛЯ «СОПЛО-ЗАСЛІНКА»

Онищенко А.М.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,
м. Харків*

В системах гідроприводів й гідропневмоавтоматики одним із самих розповсюджених є підсилювач «сопло-заслінка», основна складова якого регульований дросель «сопло-заслінка».

Кількість робочої рідини Q , яка проходить через протічну частину дроселя рекомендовано визначати за формулою

$$Q = \mu \pi d_c h \sqrt{\frac{2}{\rho} \Delta p}$$

Відповідно з наведеним рівнянням зі збільшенням зазору h величина витрати повинна неперервно зростати. Але в дійсності при дослідженні певного зазору між торцем сопла і заслінкою спостерігається насичення характеристики за витратою, яка визначається лише гідравлічним перерізом сопла, за якого відбувається насичення витрати. Подане вище рівняння є ілюстрацією витратної характеристики дроселя «сопло-заслінка» і не може бути використане для її всебічного аналізу і тому потребує додаткові дослідження.

Експериментально встановлено, що при натіканні струменя на заслінці утворюється застійна зона. З наближенням заслінки до сопла гідравлічний переріз потоку в площині торця сопла буде зменшуватись, що приведе до зміни витрати робочої рідини. З урахуванням цього витрата робочої рідини через дросель «сопло-заслінка» може бути визначена, як

$$Q = \mu_c \frac{\pi d_c^2}{4} (1 - e^{-\frac{6h}{d_c}}) \sqrt{\frac{2}{\rho} \Delta p}$$

Окрім того встановлено, що робоча рідина через дросель «сопло-заслінка» починає рухатись лише при досягненні певного зазору h . Це можна пояснити облітерацією щілини при надмалих зазорах. Тому наведена вище формула потребує корекції, яка враховує зону нечутливості Δ , обумовлену явищем облітерації. Тоді

$$Q = \mu_c \frac{\pi d_c^2}{4} (1 - e^{-\frac{6(h-\Delta)}{d_c}}) \sqrt{\frac{2}{\rho} \Delta p}$$

НАПРУЖЕНИЙ СТАН ГОЛОВНОЇ БАЛКИ МОСТОВОГО КРАНА

Павленко К.С., Варченко І.С.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,
м. Харків*

Дослідження головної балки дозволить виявити найбільш напружені місця та ефективно змінити конструкцію. Найпоширеніше виконання конструкції головної балки – коробчасте, яке зображена на рис 1. У програмі Solid Works нами була побудована модель моста крана, рис 2.

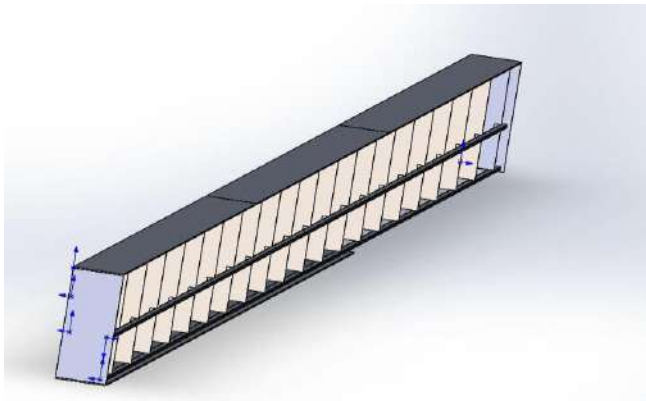


Рис. 1 – 3D модель коробчастої конструкції

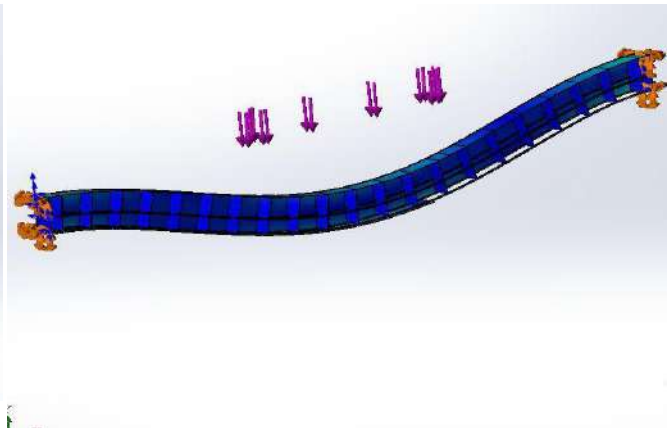


Рис. 2 – Вигляд балки при навантаженні

У межах цієї програми за допомогою Solid Works simulation було наведено навантаження, яке виникає при підйманні і пересування вантажу.

Цей метод дозволив перевірити напружений стан балки під час роботи. Але відомо, що найкращий спосіб оцінити міцність деталі – це безпосередньо впровадити її в експлуатацію, у реальні умови.

Тим не менш, у наш час твердотільне математичне моделювання розглядається як важливий етап підготовки до експлуатації об'єкта, що розробляється, особливо в разі, якщо цей об'єкт має значні відмінності від відомих.

Література:

1. Григоров О. В. Вантажопідйомні машини / О. В. Григоров, Н. О. Петренко // Харків – 2005 . С. 303.
2. Александров М. П. Грузоподъемные машины/ М. П. Александров // М: Высш. шк. – 2000. С. 550.

ВИКОРИСТАННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ПІД ЧАС СТУДЕНТСЬКОГО ПРОЕКТУВАННЯ ОБ'ЄМНОГО ГІДРОПРИВОДУ

Панамарьова О.Б.¹, Ярошенко О.А.¹, Ярошенко М.А.²

¹ Національний технічний університет

«Харківський політехнічний інститут»,

² Харківський комп'ютерно-технологічний фаховий коледж

*Національного технічного університету «Харківський політехнічний
інститут», м. Харків*

Професійна компетентність фахівця є не лише сумою теоретичних знань та вміння їх репродукувати у певному обсязі згідно з правилами, а також мотивом і засобом розвитку навичок практичних дій в інформаційному суспільстві. Можливість різнобічного розвитку студента пропонують саме сучасні методики навчання і новітні технічні здобутки. Широке й ефективне впровадження інноваційних методик в навчально-виховний процес сприяє підвищенню його якості, зацікавленості студентів і викладачів, є важливою стадією процесу реформування традиційної системи освіти в контексті глобалізації. Однією з таких методик, яка вчить знаходити необхідну інформацію, піддавати її аналізу, систематизувати і вирішувати поставлені задачі є методика веб-квестів. Вона дозволяє забезпечити формування ключових компетентностей майбутніх фахівців знаходити необхідну інформацію і, яка дозволяє реалізувати одну із форм контекстного навчання – квазіпрофесійну діяльність. В якій студенти "виходять" за межі одержання і опрацювання інформації у вузькій темі, а шляхом включення в модельовані ситуації розв'язують професійні завдання, питання комунікації та соціальної взаємодії.

Веб-квест – це проектне моделювання цілісної структури квазіпрофесійної діяльності майбутніх техніків-технологів (гідравликів) ХКТФК НТУ «ХПІ», для реалізації якого використовуються засоби мультимедіа та Інтернет-ресурси.

Студентам старших курсів видається завдання на модернізацію технологічного обладнання, наприклад гідроприводу преса. По заданим технічним параметрам учасники заходу проводять технічні розрахунки, підбирають гідрообладнання серед вказаного переліку сайтів представників фірм та підприємств по виробництву гідравлічних засобів автоматизації.

Вся робота має чітку структуру та етапи, також студентам пропонується самостійно розподілити ролі та, відповідно, роботу, яку кожний повинен паралельно виконати в проекті. Для максимального наближення до виробничих умов та знайомства з документообігом на підприємствах, команда створює чат в соціальній мережі, де відбуваються обговорення стратегій, безпосередньо ходу паралельної роботи кожного учасника команди та отриманих результатів, які синергійно поєднуються в один експертний висновок.

Така форма студентського проектування технічних об'єктів підвищує ефективність перевірки комплексних знань учасників в конкретному проекті та дозволяє отримати базові, професійні й інформаційні компетентності, які повинні бути притаманні сучасному технічному фахівцю.

ПОШКОДЖЕННЯ МЕТАЛЕВИХ КОНСТРУКЦІЙ

Петренко Н.О., Аніщенко Г.О., Ліпінський С.О., Шахов О.М.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,
м. Харків*

До основних пошкоджень металевих конструкцій кранів належать: тріщини в несучих елементах і зварних швах, погнутості та ум'ятини, вигини башт, стріл і ходової рами під час монтажу, відгинання полицок стрілової монорейки, спрацьованість болтових з'єднань і порушення захисного шару пофарбування.

Тріщини в металевих конструкціях можуть з'явитися внаслідок ударів при перевезенні та монтажу та із-за дефектів виготовлення. Для головних балок мостових кранів коробчастого перерізу часто зустрічаються тріщини у верхньому поясі в місцях зварки елементів, які кріплять рейку та на кромках поясу. У нижньому поясі тріщини утворюються у зварному шві з'єднання пояса зі стінкою, та при з'єднанні головних та кінцевих балок. В кінцевих балках часто виникають тріщини в місцях кріплення кутових букс. В козлових кранів та кранах-перевантажувачах основними дефектами є: тріщини у зварних швах; послаблення болтових з'єднань, знос шарнірів, корозія. При виявленні тріщини для її усунення розчищають кромки та заварюють.

Погнутості поясів і розкосів зустрічаються у ґратчастих конструкціях, а ум'ятини в трубчастих та оболонкових. Найбільш частіше вони виникають при перевезенні та монтажу крана. Зміни геометричних розмірів і форми елемента за певних умов можуть викликати відмови або стати причиною аварії.

Від перекосу й деформації візка, який пересувається по монорейці, або неправильного встановлення котків, може виникнути відгинання полицок балки. Для запобігання цього перед монтажем потрібно перевіряти правильність встановлення всіх візкових котків. Котки мають прилягати до полицки балки щільно.

Під час експлуатації крана також необхідно своєчасно підтягувати болтові з'єднання для запобігання їх спрацьовування. Такий вид несправності становить велику небезпеку для міцності болтів і всього крана.

Незадовільний захист покриттями, поганий догляд та несвоєчасне фарбування призводить до корозії металевих конструкцій. У кранів найчастіше корозією вражаються місця накопичення вологи біля основи башти, стріли, поворотної платформи. Щоб уникнути цього дефекту необхідно фарбувати кран не рідше одного разу на два роки.

Література:

1. Григоров О.В. та ін. Металеві конструкції підйомно-транспортних, будівельних, дорожніх, меліоративних машин : навч. посіб. / О.В. Григоров, Г.О. Аніщенко, Н.О. Петренко. – Харків : НТУ «ХПІ», 2011. – 516 с.
2. Будівельні крани : Навч. посіб. / Л.А. Хмара, М.П. Колісник, А.Ф. Шевченко та ін. – Дніпропетровськ, ІМА- прес. 2015 – 356 с.

ОПТИМІЗАЦІЯ ТРАНСПОРТНИХ, НАВАНТАЖУВАЛЬНО-РОЗВАНТАЖУВАЛЬНИХ І СКЛАДСЬКИХ ОПЕРАЦІЙ

Петренко Н.О., Халілулов Я.С.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

Реалізація каналів постачання сировиною, напівфабрикатами і розподілу готової продукції вимагає рішення комплексу транспортних проблем. Підприємству при реалізації каналів розподілу готової продукції доводиться вирішувати питання, пов'язані з доставкою, вибирати вид транспорту, методи організації перевезень, тип транспортних засобів.

За даними зарубіжного друку вартість транспортних витрат в процесі виробництва і реалізації продукції доходить до однієї третини ціни кінцевого продукту. Ось чому раціоналізація і оптимізація транспортних, навантажувально-розвантажувальних, тарно-пакувальних, експедиційних і складських операцій є важливим резервом зниження витрат і економії ресурсів.

Вивчення попиту на транспортні послуги свідчить, що однією з головних вимог клієнтів до роботи транспорту є своєчасність відправки і доставки вантажів. Пов'язано це з прагненням більшості вантажовласників до скорочення запасів як у сфері виробництва, так і у сфері звернення, оскільки їх витрати на зміст запасів складають по ряду галузей 20 % і більше від вартості продукції, що випускається.

Зарубіжний досвід свідчить про актуальність підвищеної уваги до проблем транспортного обслуговування. У країнах з розвинутою ринковою економікою мають місце наступні тенденції розвитку транспортного обслуговування: підвищення відповідальності за якість і терміни перевезення по усьому транспортному ланцюгу; зростання об'ємів перевезень між підприємствами при скороченні об'ємів перевезень в самих підприємствах; зменшення об'ємів масових навалювальних вантажів і збільшення об'ємів штучних вантажів в контейнерах і на піддонах; збільшення об'ємів перевезень вантажів в спеціалізованому рухомому складі.

Для доставки вантажів точно в строк і з можливо меншими витратами ресурсів має бути розроблений і здійснений єдиний технологічний процес на основі інтеграції виробництва, транспорту і споживання.

Новий підхід до транспорту передбачає доцільність розгляду усього процесу перевезення: від вантажовідправника до вантажоодержувача, включаючи вантажопереробку, упаковку, зберігання, розпаковування і інформаційні потоки, супроводжуючі доставку. Це викликає необхідність створення спеціальних логістичних центрів, які здійснюватимуть аналіз вантажопотоків і розподіл їх в мережі.

Література:

1. Григоров О.В. Техніка матеріальних потоків логістичних систем: навч. посіб. – вид. 2-ге, допов. і виправ. / О.В. Григоров, Г.О. Аніщенко, В.В. Стрижак та ін. – Харків : НТУ «ХПІ», 2018. – 496 с.
2. Транспортная логистика: Учебник / Под общ. Ред. Л.Б. Миротина. – 2-е изд., стереотип. – М.: Издательство «Экзамен», 2005. – 512 с.

ДОСЛІДЖЕННЯ КОНСТРУКЦІЙНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ ТАЛІВ

Петров М.В., Турчин О.В.,

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,
м. Харків*

Талі є найпоширенішим і найбільш поширеним видом вантажопідйомної техніки. Функціонально, таль не має принципових відмінностей від кранового візка. З іншого боку, останнім часом є тенденція заміни кранових візків на талі. Ця тенденція пов'язана з масовим поширенням талів, забезпечуванням серійністю їх виробництва. Відповідно, конструкції талів у значній мірі, компактні й полегшені, а їх надійність забезпечується множинними натурними випробуваннями.

У загальному випадку таль включає механізми підйому, пересування й блок керування, які можуть використовуватися в різних комбінаціях, а також незалежно. Обидва механізми є закінченими виробами.

Механізм підйому, фактично, являє собою окрему лебідку, яка може бути закріплена на зовнішній силовій конструкції з базуванням по горизонтальних або вертикальним поверхням. Механізм підйому включає мотор-редуктор і барабан, а також поліспапну систему, що дозволяє створити ряд виконань із кратним збільшенням вантажопідйомності при відповідному зниженні швидкості. У тих випадках, коли потрібно забезпечити високу продуктивність, вибирається таль з більш потужним двигуном і меншою кратністю поліспапа. Той самий механізм підйому може бути використаний для різних вантажопідйомностей, залежно від групи режиму роботи.

Механізм пересування включає приводний і холостий візки, які можуть мати різне число коліс і при необхідності, можуть бути також обладнані балансирами. Таль найчастіше переміщається по нижніх звисах монорейки або коробчастої балки, однак можливо також виконання з їздою по рейках. У цьому випадку таль не відрізняється від кранового візка ні функціонально, ні конструктивно. Для боротьби із проковзуванням приводних коліс можуть застосовуватися маховики на валу двигуна.

При використанні поліспапних систем підвищена увага приділяється мінімізації вертикального габариту й зрівноваженню конструкції в цілому, для чого можуть використовуватися противаги, а підвіска талі звичайно виконується із шарнірними розв'язками, що забезпечують свободу хитання. Редуктори можуть бути розташовані як зовні, так і усередині барабана. В останньому випадку потрібна додаткова вентиляція двигуна й обпирання приводної сторони барабана на спеціальний підшипник. Однак така конструкція гранично компактна. Ще більшим рівнем компактності відрізняються ланцюгові талі, що забезпечується малим діаметром приводної зірочки. Відповідно, редуктор має невелике передаточне число. Для ручних ланцюгових талів найчастіше застосовуються зірочки з чотирма зубами, а для талів із приводом – п'ятизубчасті.

Важливими елементами талів, що підвищують рівень надійності, є канатоукладальники, запобіжні муфти й обмежники вантажопідйомності. Можливі вибухо- й/або пожежобезпечні виконання.

ОСОБЛИВОСТІ ФОРМОУТВОРЕННЯ ВИРОБІВ ІЗ СПА

Пижов І.М., Волошкіна І.В.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,
м. Харків*

Синтетичні полікристалічні алмази (СПА) це унікальні за своїми фізікомеханічними властивостями матеріали, які знаходять широке застосування при створенні лезового інструменту та інших виробів для різних галузей промисловості.

Шліфування (СПА) та інших надтвердих матеріалів алмазними кругами на самозагострювальних (органічних та керамічних) і міцних металевих зв'язках як і раніше залишається одним з найбільш ефективних способів формоутворення виробів на їх основі [1]. Складність формоутворення таких виробів пов'язано з тим, що алмаз самий твердий в природі матеріал. Тобто в цьому випадку не може бути виконана класична вимога теорії різання - перевищення твердості інструментального матеріалу над твердістю оброблюваного.

Знімання припуску з СПА в таких умовах здійснюється в основному за рахунок крихкого мікроруйнування його поверхневого шару. А для цього на робочій поверхні зерен круга повинні знаходитися гострі мікро – і субмікрокромки. Обробка СПА супроводжується низькою продуктивністю і високими значеннями питомої витрати алмазних кругів, коефіцієнт використання алмазних зерен в цих процесах дуже низький. У зв'язку з цим стосовно до процесу алмазного шліфування СПА, коли практично відсутнє впровадження алмазних зерен в поверхню СПА і фактично працюють в основному мікро – і субмікрокромки алмазних зерен, особливий інтерес представляють дослідження спрямовані на виявлення механізму самозаточування алмазних зерен. Керуючи цим процесом в межах від їх мікро – до макроруйнування можна істотно підвищити ефективність процесу формоутворення. А для цього важливо знати рівень контактних напружень в зоні шліфування і їх взаємозв'язок з умовами обробки. Це дозволить в кінцевому підсумку управляти процесом самозаточування алмазних зерен при різних схемах шліфування, а, отже, і процесом формоутворення СПА в цілому.

У зв'язку з викладеними вище міркуваннями передбачається виконати комплекс тривимірних модельних досліджень по встановленню взаємозв'язку напружено-деформованого стану зони шліфування з умовами обробки і виявити на цій основі особливості самозаточування алмазних зерен круга при різних рівнях силової напруженості в зоні обробки.

Література:

1. Пыжов И.Н. Силовые характеристики процесса шлифования ПСТМ в режиме самозатачивания алмазных кругов / И.Н. Пыжов, В.А. Федорович, И.В. Волошкина // Резание и инструмент в технологических системах: Междунар. науч.-техн. сб.–Харьков: 2018.- Вып. 88. -С. 193-203.

ЗАСТОСУВАННЯ МОТОР РЕДУКТОРІВ В МЕХАНІЗМАХ ПЕРЕСУВАННЯ КРАН-БАЛОК

Поповський Є. В., Буслов Є. О., Стрижак В. В.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,
м. Харків*

Проблема перекосів ходових коліс не нова. Вона нараховує близько 150 років – з моменту появи перших кранів мостового типу і актуальна на сьогоднішній день. В даний час стосовно кранів мостового типу можна виділити декілька її аспектів: знос ходових коліс і підкранових колій; додаткові опори руху; бічні навантаження на підкранові спорудження; навантаження на металоконструкцію крана; робота металоконструкції при перекосах. Аналіз результатів роботи механізмів пересування мостових кранів і особливо його ходової частини свідчить про недостатню довговічність окремих вузлів, деталей і крана в цілому. Це пов'язано з тим, що мостові крани мають ряд специфічних особливостей, які пов'язані з їх конструкцією та призначенням. Кран має значні сили, що діють на колесо і рейку, інші контактні умови й співвідношення в площині бази коліс ніж інші транспортні засоби, але з іншого боку, значно більш низькі швидкості пересування, ніж ті, які зазвичай мають місце, наприклад, у залізничній техніці. Найважливіше, вирішальне розходження, що впливає на ходові характеристики, полягає в коефіцієнті співвідношення довжини прольоту крана до бази крана (відстані між вісями коліс кінцевої балки). У мостових кранів його значення лежить у діапазоні від 2 до 8, що на порядок вище, ніж у залізничних транспортних засобів.

На поступальний рух крана через несприятливий вплив прямого співвідношення довжини прольоту до бази крана накладаються помітні рухи обертання навколо вертикальної вісі й поперечні рухи, обмеженого елементами системи орієнтування напрямку руху крана (реборди, напрямні ролики). Першою передумовою (причиною) появи перекосу є розходження між вертикальними силами й, як наслідок, між опорами руху ходових коліс, наслідком яких, у свою чергу, стають різні моменти двигунів і різні числа обертів двигунів. Це приводить до обмеженого елементами системи орієнтації напрямку руху крана, випередженню однієї несучої кінцевої балки відносно іншої і, тим самим, до виникнення горизонтальних сил і деформацій несучої конструкції крана. Другою причиною виникнення перекосу є коливання в рамках полів допуску й зношування параметрів ходового механізму, що визначають напрямок руху крана. Для покращення умов руху, в механізмах пересування кранів все частіше застосовують мотор-редуктори, які мінімізують зазори в механічних передачах, що позитивно впливає на динаміку, і мають при цьому кращі масо-габаритні характеристики.

КРИТИЧНИЙ АНАЛІЗ САЕ СИСТЕМ МОДЕЛЮВАННЯ ДЛЯ РОЗРАХУНКУ СЕНДВІЧ СТРУКТУР

**Приходько В.О., Добротворський С.С., Басова Є.В., Добровольська Л.Г.,
Пермяков Є.А.**

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

Сучасне виробництво вимагає розробки виробів з підвищеним стандартом якості, гарними експлуатаційними характеристиками і більш тривалим життєвим циклом. У зв'язку з цим в різних галузях промисловості все частіше використовуються вироби із сендвіч структур, які дозволяють підвищити ударну міцність виробів при зменшенні їх ваги. Але створення таких структур є складною задачею. Одним із способів вирішення проблеми високих витрат є застосування спеціалізованих програм для моделювання всього ланцюжка виробництва і експлуатації виробів. В ході розрахунку прогнозуються всі основні дефекти, що дає фахівцям можливість оцінювати ризики в процесі виробництва. Ціллю роботи є аналіз програмних продуктів з метою виявлення найбільш ефективних рішень для проведення проектування, моделювання, розрахунку та аналізу при виробництві сендвич структур, а головне закономірностей їх руйнування при надзвичайних навантаженнях. На цей час у світі існує велика кількість важких програм для моделювання і розрахунків методом скінчених елементів: ANSYS, ABAQUS, NASTRAN, LS DAYNA та інші. Це потужні програми, використовуються у авіаційній та космічних галузях. Але фізико-математичний апарат цих систем не є відкритим. Тому для моделювання та вивчення фізико-технічних проблем необхідно використовувати програми, які дають змогу розуміти використаний математичний апарат та мати змогу коректувати його при необхідності.

Аналіз показав, що для вирішення теплових задач, задач руйнування при обробці сендвич пакетів більш пріоритетним може вважатися COMSOL із-за можливості ясно бачити постановку задачі, тобто користувачеві доступні і рівняння, що описують процес, і крайові умови в явному вигляді. Перевагою є те, що математичний апарат пакетів використовує відомий вирішувач Matlab.

Перспективним також є DEFORM – це спеціалізований інженерний програмний продукт, розроблений корпорацією Scientific Forming Technologies [1], призначений для аналізу процесів формування металів (Lagrangial Incremental or Steady-State machining), термічної та механічної обробки (Sparse or the Skyline method). Вихідними даними для моделювання процесів обробки як в COMSOL так і в DEFORM є 3D модель об'єкта. Проектувати 3D моделі в цих пакетах не зручно. Тому необхідно проектування виконувати у спеціалізованих пакетах типу Solid Works. Результатом роботи є тестове моделювання процесу взаємодії циліндричного тіла з поверхнею пластини при різних схемах її кріплення.

Література:

1. Stupnytsky V., Hrytsay, I.: Simulation Study of Cutting-Induced Residual Stress. In: Advances in Design, Simulation and Manufacturing. DSMIE-2019. Lecture Notes in Mechanical Engineering, 2019, 341-350 (2020)

ЗАСТОСУВАННЯ МОТОР РЕДУКТОРІВ В МЕХАНІЗМАХ ПОВОРОТУ

Прокопенко Ю. А., Стрижак В. В., Коваленко О. О.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,
м. Харків*

В сучасних поворотних кранах обертання поворотної частини здійснюється за допомогою механізму повороту, що включає в себе двигун, гальмо та ряд передач. Зубчасті передачі є найбільш раціональними і застосовуються в тих випадках, коли забезпечується необхідна точність зачеплення, наприклад, при застосуванні шарикових або роликових опорно-поворотних кругів. Швидкохідна передача традиційно представляє собою сполучення циліндричного редуктора з конічною парою, або один циліндричний редуктор з вертикальним розміщенням двигуна.

Оскільки характерною рисою механізмів обертання є високі інерційні навантаження за низької швидкості вихідної ланки, виникає необхідність у високих передавальних числах редуктора. Застосування черв'ячних передач, не дивлячись на їх компактність, є мало доцільним через їх низький ККД, який як правило після першого ремонту ще більше знижується, через що навіть несамогальмуюча передача стає гальмом. В цих умовах процес гальмування механізму супроводжується різкими ударами і поштовхами, оскільки майже вся кінетична енергія гальмуючих мас (від моменту відключення двигуна від мережі) переходить в роботу деформації елементів механізму і металоконструкції, що приводить іноді до аварійних ситуацій. Не зважаючи на регульований привід, здійснення пуско-гальмівних режимів механізму повороту не тільки на баштових але й інших поворотних кранах супроводжується різкими ударами та ривками. Це обумовлено тим, що в механізмах повороту, що мають великі передавальні відношення, наявні значні сумарні зазори в кінематичних парах. При цьому, для подолання значного динамічного моменту обертальних мас поворотної частини крану і вантажу, двигун розвиває великий пусковий момент, що в кілька разів перевищує номінальний.

Більш раціональною конструкцією є мотор-редуктор з верхнім розташуванням двигуна. Тут є можливість використання планетарних передач з великим передавальним числом і достатньо високим ККД. Ця схема знайшла широке застосування в останній час на баштових кранах.

Таким чином, для покращення умов роботи механізмів обертання, необхідно вирішити завдання забезпечення високої надійності і компактності механічної передачі з великим передавальним числом і мінімальними зазорам в з'єднаннях, що досягається застосуванням мотор-редукторів.

ТЕХНОЛОГІЯ ІНТЕГРАЦІЇ PDM ТА ERP-СИСТЕМ

Рузметов А.Р., Добротворський С.С., Ушаков О.М.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,
м. Харків*

В роботі розглянуті питання інтеграції автоматизованих систем проектування та технологічної підготовки (CAD/CAM/CAE/CAPP) із системою стратегічного планування виробництва (ERP).

Така інтеграція автоматизованих систем дозволяє забезпечити збереження інвестицій в інформаційні технології за рахунок: підвищення керованості виробничих процесів, які підтримуються інформаційними системами; зниження ймовірності виробничих помилок; скорочення тривалості виконання технологічних та виробничих процесів та трудовитрат ведення документообігу.

На основі даних PDM та ERP-системи і за допомогою MES - системи виробничі підрозділи здійснюють оперативне управління виробництвом. В літературі визначено наявність значного функціонального та інформаційного розриву між ERP-, PDM- та MES-системами. Розробка інтегрованої системи інформаційної підтримки процесів керування даними, що надходять із різних виробничих підрозділів і служб забезпечить узгодження даних, які використовуються різними додатками, синхронізує та впорядкує інформаційні потоки на підприємстві, забезпечить програмну обробку даних, підтримку протоколів взаємодії додатків.

Однією з ключових вимог для управління виробничими даними є передача інформації по замовленнях і інших релевантних даних з ERP в MES, отримання даних у відповідь і даних про стан виробництва, поточні планові показники з MES і інших додатків. Для управління виробничим процесом в цеху додатку MES потрібно інформацію з системи ERP про матеріали, комплектуючі, запозичені технології, облік ресурсів і одиниць обладнання і конструкторську інформацію. Ці дані поступають з системи ERP через різні по формату інтерфейси з різною періодичністю. Тому при обміні інформацією потрібно перетворення полів даних. Для уніфікації MES - інтерфейсів часто використовуються галузеві стандарти, наприклад, на базі ISA95 - B2MML, що дозволяє багато разів використати один і той же формат інтерфейсу. Оскільки не усі додатки ERP підтримують інтерфейси B2MML або спеціалізований MES - інтерфейс, перед пересилкою даних необхідно виконати суміщення форматів інтерфейсів MES та навпаки.

Таким чином, можна зробити висновок, що ядро системи повинно мати змогу організовувати архівну базу даних, керування ідентифікаторами, процесами трансформації даних та потоком даних і нормативно-довідковою інформацією, логістичною моделлю даних та звітністю, організовувати управління повнотою даних; управління користувачами і їх режимом доступу; контроль дій користувачів, коригування та класифікацію даних, ручне введення даних; звітність про стан готовності даних.

MODELING OF THE PROCESS OF DIAMOND BURNISHING IN THE TOOL-WORKING SYSTEM

Riazanova-Khytrovska N.
National Technical University
“Kharkiv Polytechnic Institute”,
Kharkiv

In recent years, manufacturing process that provides with low cost and high speed as well as accuracy and precision has been increasingly required. The processing techniques, which reduce the environmental load such as grinding sludge and lubricant are also desired in the industry. Today, surface burnishing by a diamond tool is the focus of attention from the industrial field. The burnishing process is one of micro plastic working methods, i.e. a special diamond point tool compresses the metal surface to obtain a mirror-like surface finish as well as to improve its surface hardness like shot-peening.

The burnishing process is one of micro plastic working methods. A special diamond point tool compresses the metal surface to obtain a mirror-like surface finish like. Advantage of Burnishing process can be summarized as follows:

- Quick change from a rough surface to a mirror-like surface of Rz 0.1-0.8 μ m.
- Hardening effect and increase of wear resistance.
- Non-machining chip.
- No additional equipment is required except for a NC lathe.

However the adequate machining conditions to achieve proper surface finish have not been clarified. In order to evaluate the relationship between burnishing conditions and surface texture, practical burnishing tests were carried out under several machining conditions considering burnishing load and feed rate using an finite element method.

References:

1. Hongyun L., Jianying L., Lijiang W., Qunpeng Z. Study of the mechanism of the burnishing process with cylindrical polycrystalline diamond tools. *Journal of Materials Processing Technology*. 2006. № 1. C. 9-16.
2. Korzynski M., Pacana A., Cwanek J. Fatigue strength of chromium coated elements and possibility of its improvement with slide diamond burnishing. *Surface & Coatings Technology*. 2009. № 12. C. 1670-1676.
3. Korhonen H., Laakkonen J., Hakala J., Lappalainen R. Improvements in the surface characteristics of stainless steel workpieces by burnishing with an amorphous diamond-coated tip. *Machining Science & Technology*. 2013. № 4. C. 593-610.

АЛМАЗНЕ ВИГЛАДЖУВАННЯ ЯК МЕТОД ПЛАСТИЧНОЇ ДЕФОРМАЦІЇ ПОВЕРХНЕВОГО ШАРУ

Рязанова-Хитровська Н.В.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,
м. Харків*

У машинобудуванні, як правило, заготовку або деталь машини можна виготовити, застосовуючи різні методи і способи формоутворення. Тому дуже гостро стоїть питання про принципи вибору і техніко-економічну оцінку вибору. Зазвичай для вибору оптимального технологічного варіанту виготовлення тієї чи іншої деталі машин порівнюють технологічну собівартість різних варіантів виготовлення [1].

Поверхнєве пластичне деформування (ППД) засноване на здатності металевої поверхні сприймати залишкові пластичні деформації без порушення цілісності металу. Цей процес - один з найбільш простих і ефективних технологічних шляхів підвищення працездатності та надійності деталей машин. В результаті підвищуються твердість і міцність поверхневого шару, формуються сприятливі залишкові напруження стиску, зменшується параметр шорсткості Ra , збільшується радіус заокруглення вершин мікроступів, відносна опорна довжина профілю мікронерівностей і т.п. ППД поверхонь деталей застосовується у всіх типах виробництва. Формування поверхневого шару з заданими властивостями має забезпечуватися технологією зміцнення.

Сучасна теорія ППД встановила [2], що сутність зміцнення металу під дією ППД полягає в наступному. В області площин ковзання відбуваються спотворення кристалічної решітки, зокрема її поворот, а також зміщення атомів з положення стійкої рівноваги і пружні викривлення площин ковзання. Ці спотворення викликають появу додаткових напружень, які залишаються після припинення навантаження.

Отже, в результаті зміцнення поверхневих шарів при поверхневому деформації можна забезпечити поліпшення фізико-механічних властивостей металу внаслідок структурних перетворень, подрібнення зерен, а також формування в поверхневому шарі залишкових напружень стиску, що виникають за рахунок розвитку зрушень в кристалічній решітці.

Література:

1. Попова В. В. Поверхностное пластическое деформирование и физико-химическая обработка : учебное пособие по дисциплине «Процессы и операции формообразования» для студентов всех форм обучения направления подготовки 151900 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств» / Рубцовский индустриальный институт. Рубцовск, 2013. 98 с.
2. Пшибыльский В. Технология поверхностной пластической обработки / пер. с польск. Москва : Металлургия, 1991. 479 с.
3. Смелянский В. М. Механика упрочнения деталей поверхностным пластическим деформированием. Москва : Машиностроение, 2002. 299 с.

ТОЧНИЙ РОЗРАХУНОК ПАРАМЕТРІВ МАКЕТУ МОСТОВОГО КРАНУ

Свіргун В.П., Синиця В.О., Молотова М.В., Свіргун В.В., Мікуляк С.І.

Національний технічний університет

«Харківський політехнічний університет», м. Харків

На кафедрі ПТМ і О продовжуються дослідження оптимальних законів керування кранами мостового типу з гнучким підвісом вантажу, а саме, процес пересування маятникової системи «візок-вантаж» з усуненням коливань вантажу при зупинці візка в заданій точці за найкоротший час. Для розрахунку оптимальних законів керування треба визначити слідуєчі параметри: m_1 - маса візка, m_2 - маса вантажу, V_0 - швидкість візка на сталому ході, F - рушійне зусилля, W - статичний опір, L - довжина канату до центра мас вантажу. У нагоді стане та обставина, що макет мостового крана вже оснащений мікропроцесорною системою керування, яка здатна відпрацювати точне включення (відключення) механізму пересування візка. Також, вздовж лінії пересування візка встановлено декілька дискретних датчиків, прив'язаних до певного положення візка і зв'язаних з мікроконтролером.

Починаємо визначати параметри макету з самих простих: візок і вантаж без проблем можна зважити і отримати m_1 і m_2 . Далі слід визначити статичний опір пересування візка W . Саме ця сила зупиняє візок після відключення. Тому процедура така: робимо з двомасової системи одномасову ($L=0$), вибираємо один з датчиків позиціонування візка і фіксуємо відстань, на якій він спрацьовує, реалізуємо на мікроконтролері просту програму керування – «рухаємося до визначеного датчика і вимикаємо візок», фіксуємо, де візок зупинився. Знайшовши шлях гальмування, із класичних законів фізики знаходимо статичний опір W . Але для цього потрібен ще один параметр – швидкість візка при сталому русі. Фіксуємо положення візка при спрацьовуванні одного із датчиків і запускаємо таку програму від мікроконтролера: включити візок, дочекатися сигналу від датчика, пауза (наприклад 3с), виключити візок. Фіксуємо відстань, яку проїхав візок від датчика до зупинки, віднімаємо гальмівний шлях, визначений вище, і отримуємо шлях сталого руху. Знаючи час сталого руху (3с), знаходимо швидкість візка на цьому етапі, а потім знаходимо W .

Наступний параметр, що підлягає визначенню, є рушійне зусилля F . Запускаємо програму на ПК, яка описує рух нашої системи з отриманими вище параметрами, а єдиний параметр, що поки не знаємо – F , задаємо вибірково і з отриманих результатів нас цікавить час руху і пройдена відстань до зупинки візка. Дублюємо цей експеримент на макеті за допомогою мікроконтролера, і повторюємо декілька раз, змінюючи F , поки пройдена візком відстань при експерименті і розрахунку не співпадуть. Фіксуємо останнє F для подальших розрахунків.

Останній параметр, що підлягає визначенню, є довжина канату до центра мас вантажу. Найпростіше його отримати, якщо встановити період вільних коливань вантажу і з відомої формули легко знайти L . Період коливань визначається експериментально.

КОРЕЛЯЦІЯ СТРУКТУРНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ З ДІЕЛЕКТРИЧНИМИ ВЛАСТИВОСТЯМИ ПЛАЗМОЕЛЕКТРОЛІТНИХ ПОКРИВІВ НА АЛЮМІНІЄВИХ СПЛАВАХ

Севидова О.К., Пупань Л.І., Гуцаленко Ю.Г., Руднєв О.В.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,
м. Харків*

В роботі досліджено вплив структурного стану плазмоелектролітних покривів (ПЕО-покривів) на алюмінієвих сплавах на їх діелектричні властивості, що є актуальним для вдосконалення шліфувальних кругів в комбінованому процесі алмазно-іскрового шліфування.

Серед характеристик структури, насамперед, аналізувались наскрізна пористість, наявність різних фазових складових, присутність крапельної фази, які є найбільш впливовими факторами, що визначають здатність покривів виконувати функцію діелектричного захисту.

Зразки для досліджень були виготовлені з деформівних алюмінієвих сплавів Д16Т та АК6, які оксидувались за умови різних параметрів електричного та технологічного режимів.

Структуру ПЕО-покривів визначали за допомогою оптичної та скануючої електронної мікроскопії.

Варіювання збільшення у досить великому діапазоні – від панорамних мікрознімків зі збільшенням 10...100 до мікрознімків зі збільшенням 250...1000 дозволило отримати як інтегральну інформацію щодо гетерогенності структури за поверхнею зразків, так і інформацію щодо морфологічних та геометричних параметрів досліджених елементів структури, рис.1, а, б, в.

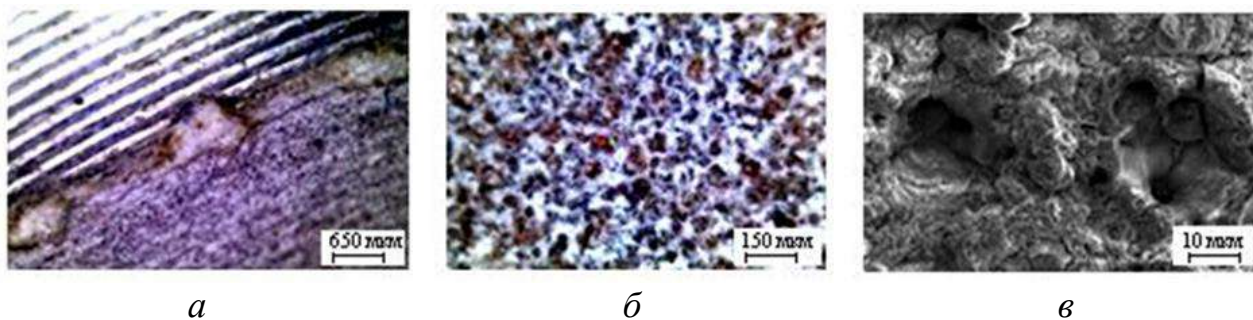


Рисунок 1 – Мікроструктура плазмоелектролітного покриття на сплаві АК6:

а – ПЕО-покрив у загальній структурі алмазного круга; б – панорамний мікрознімок поверхні покриття на дослідному зразку; в – структура окремих пор

Виконані дослідження дозволили встановити якісну кореляцію питомого електричного об'ємного опору та електричної міцності ПЕО-покривів з параметрами їх структури, а також визначити оптимальні показники режиму формування покривів (склад електроліту, густину струму та ін.) для досягнення найвищих значень діелектричних властивостей.

ОПТИМІЗАЦІЯ ЕЛЕМЕНТІВ МЕТАЛОКОНСТРУКЦІЙ МОСТОВИХ ОДНОБАЛКОВИХ КРАНІВ ЗА ДОПОМОГОЮ ЗАСОБІВ АВТОМАТИЗОВАНОГО ПРОЕКТУВАННЯ

Сідоров Є.В., Цюпка О.В., Гнатенко Г.О.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,
м. Харків*

В роботі розглянуті дослідження, спрямовані на оптимізацію металоконструкцій мостових однобалкових кранів, а саме головних і кінцевих балок, із застосуванням програм, що застосовують метод скінченних елементів.

Одна з основних умов проектування металоконструкцій – це створення раціональних конструкцій із найвигіднішими значеннями їх геометричних параметрів та розмірами окремих елементів, що виконується за допомогою оптимізації. Як і в більшості випадків типовим критерієм оптимізації при проектуванні є кінцева маса конструкції, що безпосередньо залежить від таких факторів як геометричні розміри металоконструкції.

Головна та кінцеві балки піддаються впливу комбінаціям навантажень, зокрема від власної ваги. Такими є: розтягання, стискання, вигин, кручення. Навантаження можуть бути як змінними так і постійними.

Аналіз напружено-деформованого стану металоконструкції однобалкового крану було виконано за допомогою методу скінчених елементів у середовищі програми SolidWorks. Суть методу закладена в його назві: систему (стрижневу або континуальну) розбивають на певне число окремих частин кінцевих розмірів (кінцевих елементів), після цього точно або наближено вивчають напружено-деформований стан кожного кінцевого елемента методами теорії пружності.

Оптимізація була виконана у спеціальному додатку до SolidWorks. Спочатку виконувалось статичне дослідження, під час якого задаються навантаження, отримані за методикою наведеною в [1], фіксація, матеріал та ін. Після цього було задані параметри висоти і ширини перерізу, за якими програма шляхом ітерацій в певному діапазоні виконувала послідовні розрахунки металоконструкцій. Подальший аналіз зводиться до вибору найбільш раціонального перерізу, що задовольняє умовам міцності.

Література:

1. Иванченко Ф.К. Расчеты вантажопідійомних і транспортуючих машин (Расчеты грузоподъемных и транспортирующих машин) Вища школа. 1978.

ВПЛИВ ТЕМПЕРАТУРИ РОБОЧИХ РІДИН НА ТОЧНІСТЬ ПОВЕРХОНЬ ПРИ ШЛІФУВАННІ

Степанов М.С.¹, Іванова М.С.¹, Літовченко П.І.²,

Іванова Л.П.^{1,2}, Тарасенко О.М.¹

¹ Національний технічний університет

«Харківський політехнічний інститут»,

² Національна академія Національної гвардії України, м. Харків

Підвищення продуктивності та забезпечення високих вимог до якості виготовлюваної продукції є основними задачами сучасного машинобудування, складність вирішення яких особливо помітна при виконанні шліфувальних операцій, для яких забезпечення якості та точності оброблених поверхонь мають найважливіше значення.

Відомо, що однією з причин втрати якості обробки та появи похибок розміру й форми є температурні деформації, що виникають внаслідок нагрівання всіх елементів технологічної системи. Шліфувальні верстати мають велику кількість джерел тепла: зона різання, рухомі частини верстата, елементи гідросистеми тощо. Крім того, робочі рідини (мастильно-охолоджуюча рідина (МОР), мастило в системі змащування) шліфувальних верстатів є одним з джерел вироблення тепла. Від їх температури, а також від її нерівномірного розподілу визначаються температурні деформації елементів верстата, які впливають на відносне положення деталей і вузлів і, в кінцевому підсумку, на параметри точності оброблюваних деталей. Більше того, нерівномірні температурні деформації елементів шліфувального верстата на передній і задній опорах призводять до дуже складних змін у налаштуваннях верстата.

Встановлено, що МОР, яка нерівномірно потрапляє на передню поверхню шліфувальної бабки в результаті розбризкування, а також робоча рідина в підшипниках шпинделя можуть призвести до неоднакового нагріву поверхонь шліфувальної бабки, які є опорами для підшипників ковзання та шпинделя шліфувального круга, що спричиняє нерівномірне зміщення осі шпинделя і, отже, до похибок обробки. Тому задача зменшення впливу температури робочих рідин на температурні деформації технологічної системи є досить актуальною.

В результаті вирішення поставленої задачі отримано математичні залежності для визначення теплових параметрів робочих рідин та елементів, з якими вони контактують. Розрахунки показали, що температура робочої рідини при нормальних робочих умовах може змінюватися в межах 10-15 °С. Більше того, коливання температури в підсистемі подачі МОР в деяких точках і випадках можуть досягати декількох десятків градусів Цельсія.

Усунення помилок, пов'язаних з нерівномірним розбризкуванням МОР на елементи верстата, можливо із застосуванням ефективної технології подачі МОР. Такий підхід дозволить вирівняти температурне поле стінок шліфувальної бабки.

АНАЛІЗ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ГІДРОТУРБІН З ВИКОРИСТАННЯМ БЕЗРОЗМІРНИХ ПАРАМЕТРІВ

Тиньянова І.І., Костюк М.О., Лук'янець С.І.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,
м. Харків*

Поліпшення енергетичних показників проточної частини вимагає проведення поглибленого аналізу робочого процесу. Особливий інтерес представляє виявлення умов формування енергетичних характеристик залежно від геометричних і режимних параметрів.

Результати такого аналізу є принциповою основою для рішення великого кола питань, що виникають при проектуванні радіально-осьових гідротурбін. Це питання, що стосуються можливості підвищення максимального ККД, підвищення швидкохідності турбіни і її потужності при збереженні рівня ККД, поліпшення виду кривих ККД і потужності при відході від оптимального режиму й ін. Дані такого аналізу необхідні, при ухваленні рішення які зміни й у які елементи проточної частини гідротурбіни треба їх внести при проведенні фізичного й чисельного експерименту.

В даній роботі для аналізу енергетичних характеристик застосовувались загальні закономірності робочого процесу, описані за допомогою безрозмірних параметрів. Це дає можливість більш широкого використання результатів фізичного й чисельного експерименту для подання систематизованих і узагальнених даних, певних у широкому діапазоні зміни швидкохідності (PO45 - PO500, OPO).

Для аналізу енергетичних характеристик використовувалися два набори безрозмірних комплексів, структура яких витікає з теорії розмірності Перший варіант безрозмірних комплексів отриманий при прийнятті як величин з незалежною розмірністю – ρ, D, ω . Другий варіант безрозмірні комплекси де в якості величин з незалежною розмірністю прийняти ρ, D, Q . В роботі показана доцільність їхнього застосування для аналізу енергетичних характеристик. Одним з достоїнств зазначеної системи безрозмірних комплексів є можливість їхнього використання, як у турбінному, так і в насосному режимі. Це є актуальним як для визначення, так і для аналізу енергетичних характеристик оборотних гідромашин.

В роботі встановлені закономірності зміни безрозмірних параметрів, що визначають кінематичні, енергетичні характеристики і умови силової взаємодії на оптимальному режимі, в зв'язку зі зміною швидкохідності. Встановлені закономірності зміни гідродинамічних параметрів в зв'язку зі зміною швидкохідності, для гідротурбін з високими енергетичними показниками. Гідродинамічні параметри решітки робочого колеса надають найбільш істотний вплив, як на формування оптимального режиму, так і на вигляд залежностей енергетичних характеристик в зоні робочого режиму.

ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ РОЗРАХУНКУ ХВИЛЬНОЇ ЗУБЧАСТОЇ ПЕРЕДАЧІ

Ткаченко В.М.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,
м. Харків*

Визначення габаритів хвильової зубчастої передачі ВЗП, як правило, починається з обчислення діаметра гнучкого колеса з умови неперевикнення тисків між зубами гнучкого і жорсткого коліс.

Розрахункові формули в різних джерелах відрізняються рекомендаціями щодо вибору допустимих тисків від 6 до 30 Мпа. Відрізняються і коефіцієнти, що враховують нерівномірність розподілу тисків між зубами і кількість зубів, котрі одночасно знаходяться в зачепленні.

Багатопарність зачеплення ВЗП забезпечує напіврідинний режим тертя між зубами при тиску 6 ... 6.5 Мпа, а не 20 ... 30 Мпа. При таких тисках діаметр гнучкого колеса в 1.2 ... 1.8 разів більше, а напруга від його вигину генератором зменшується в 1.5 ... 3 рази. Товщина гнучкого колеса в западинах між зубами по відомим рекомендаціям обчислюється за формулами:

$$h = (0.005 - 0.051) d$$
$$\text{або } h = (70 + 0.5) \cdot 10^{-4} u \cdot m \cdot z.$$

Але її краще визначати після обчислення модуля. Оптимальне, за критерієм згинальної витривалості, значення $h = 2.7 m$. Ширину зубчастого вінця b не слід вибирати більше $(0.1 \dots 0.12) d$ через відносного перекосу зубів під навантаженням.

Довжину гнучкого колеса L краще обчислювати за формулою $L = b + d$, а не $L = (0.8 \dots 1) d$, так як при цьому протилежний торець гнучкого колеса зберігає форму кола і знижуються навантаження на підшипник генератора хвиль.

ЕЛЕМЕНТИ САД-СИСТЕМИ ЦИЛІНДРИЧНИХ ПРЯМОЗУБИХ КОЛІС ІЗ ДОВІЛЬНИМ ПРОФІЛЕМБІЧНИХ ПОВЕРХОНЬ ЗУБІВ

Третяк Т.Є., Шелковий О.М., Гуцаленко Ю.Г., Мироненко С.О.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

Підтримка тривалого життєвого циклу виробу вимагає комплексної оптимізації його виготовлення. Одним з напрямків є імітаційне комп'ютерне моделювання геометричних, кінематичних і фізико-механічних особливостей продукції на базі фундаментального математичного методу та об'єднання його з САД-системою. Складністю підходу є створення універсального матапарата, що дозволяє отримувати в однорідному вигляді інструментальні поверхні, кінематичні операції для прямої і зворотної задач формоутворення.

Розглядається перший етап у створенні САД-системи підготовки виробництва циліндричних прямозубих зубчастих коліс з довільним профілем бічних поверхонь, його особливістю є використання як математичного апарату методу афінної перетворення простору[1]. Він дозволяє отримувати рішення в операторній, матричній та параметричній формах. Програми та розрахункові модулі виконуються в середовищі Delphi. Засобом візуалізації результатів обраний пакет Creo Parametric компанії PTC. Основним завданням етапу є створення параметричного рівняння лінії формотворного контуру на базі однорідної системи рівнянь, отриманих на базі теорії відображень [1, 2].

Сучасні тенденції механічної обробки спрямовані на спрощення інструмента й ускладнення кінематики встаткування, що вимагає вирішення зворотної задачі формоутворення - знаходження поверхні зубчастого колеса як обгинаючої заданої поверхні інструмента. Пропонується структурний підхід, що не вимагає виводу конкретних аналітичних рівнянь.

По зазначеному алгоритму розроблено програму. Вхідною інформацією є координати та геометричні характеристики точок профілю інструмента та параметри зубчастого колеса. Результатом роботи програми є:

- координати точок профілю колеса, що формоутворюється;
- виведення на екран комп'ютера зображення профілю інструменту в нормальному перетині;
- траєкторії рухів колеса та інструменту у процесі обкатування з виділенням точок, у яких у розглянутий момент часу виконалася умова торкання профілів.

Література:

1 Перепелиця Б.О. Відображення афінного простору в теорії формоутворення поверхонь різанням. Х., 1981. 152 с.

2 Кривошея А.В., Кондусова Є.Б., Третяк Т.Є. Про геометричне моделювання зубів зубчастих коліс, що виробляються, на основі багатопараметричних відображень. Збірка "Інформаційні технології", вип. 7, ХДПУ, 1999.

УНІФІКОВАНЕ ГНУЧКЕ МОДЕЛЮВАННЯ НЕЕВОЛЬВЕНТНИХ ЗУБЧАСТИХ ПЕРЕДАЧ

Третяк Т.Є., Шелковий О.М., Гуцаленко Ю.Г.,

Мироненко О.Л., Мироненко С.О.

Національний технічний університет

«Харківський політехнічний інститут», м. Харків

Практика проектування та використання зубчастих передач з неевольвентним профілем бічних поверхонь зубів в необхідних випадках дозволяє подолати деякі недоліки евольвентних аналогів, пов'язані з такими якісними показниками як відносно більші питомі тиски на бічних поверхнях зубів через малі радіуси їх кривизни і звідси обмежену здатність по контактної міцності та відносно меншій коефіцієнт перекриття коліс і звідси меншу плавність зачеплень з відповідним проявленням у їх шумових характеристиках.

Математичною базою представленого моделювання є теорія відображення афінного простору. Це дозволило створити компактні, уніфіковані геометричні моделі формоутворення і складені на їх базі кінематичні схеми.

Задоволення принципу гнучкості моделювання у зазначеній вище системі завдань проектування полягає у можливості вибору необхідного критерію та отримання відповідного з цим вибором проектного рішення через адекватне завданню взаємне вирішення кривизни профілів бічних поверхонь зубів внаслідок відповідно прийнятій нелінійності профілю бічних поверхонь зубів формоутворюючих інструментальних рейок. Як нелінійний профіль бічної поверхні зуба інструментальної рейки розглядається деяка ділянка однієї з модельованих плоских кінематичних кривих [1].

Розробка орієнтована на використання і розвиток можливостей методу огинання (обкатки), більш технологічного, кінематично точного і продуктивного в порівнянні з альтернативним методом копіювання, із взяттям до уваги також сучасних уявлень на історію і майбутнє теорії і практики зубчастих зачеплень [2].

Створено відповідне програмне забезпечення, що дозволяє розраховувати геометричні характеристики профілів коліс зубчастої пари, візуалізовувати процес формоутворення, а також визначати якісні показники зачеплення. Тим самим створено умови для обґрунтованого вибору у віртуальному просторі геометричного моделювання таких профілів зубів інструментів, які б забезпечували найбільш раціональне поєднання профілів зубів оброблених ними зубчастих коліс і необхідні за завданням на проектування якісні показники зубчастого зачеплення.

Література:

1. Кривошея А.В., Третяк Т.Є., Кондусова Е.Б. Структурный подход к математическому описанию кинематических кривых. Різання та інструмент в технологічних системах. 59, 129-134 (2001).

2. Radzevich, S.P. Theory of gearing: kinematics, geometry, and synthesis. 2nd ed. CRC Press, Boca Raton. 898 p. (2018).

ОСОБЛИВОСТІ КОНСТРУКЦІЙ СУДНОЗАВАНТАЖУВАЛЬНИХ МАШИН ПОРТОВИХ ТЕРМІНАЛІВ

Турчин О.В., Блоха Є.О., Коваль Д.С., Кінвандат К.К.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,
м. Харків*

Суднозавантажувальні комплекси портових терміналів відрізняються великою різноманітністю видів матеріалів, що перевантажуються, геометрії пірсів, трасами конвеєрів і багатьма іншими параметрами.

Вимоги до конструкції навантажувальної машини визначаються, у першу чергу, з урахуванням водотоннажності й форми судів, що завантажуються, форми трюмів, осадженню на початку й кінці процесу завантаження. Досить часто машина встановлюється на існуючий причал, з конкретною геометрією, схемою рейкових шляхів, функціонуючими причальними конвеєрними галереями. Цей характерний випадок припускає складний зв'язок між геометрією машини з наявним оточенням. У граничному випадку може бути запропоновано змонтувати навантажувальну машину на існуючому порталі, наприклад, порталі грейферного крана.

Зазвичай, необхідне виконання додаткових вимог, насамперед, висипання вантажу в будь-яку точку трюму. Найменш енерговитратний розв'язок – застосування хитного хобота. У цьому випадку основний рух – хитання хобота в напрямку поперек трюму.

Наявність хобота робить необхідним хитання стріли, щоб забезпечити перенос хобота над палубою при переході до іншого трюму, а також занурення хобота в трюм. Таким чином, практично, завжди, машини з хоботом мають також механізм підйому стріли. Найбільш досконалим є рішення з хитним хоботом, що телескопується і з піднімальною стрілою.

Розмах хитання хобота, як правило, недостатній для того, щоб дістати всіх точок трюму, тому доводиться забезпечити додаткове переміщення в поперечному напрямку. Це можна виконати, застосовуючи можливість телескопуватися стріли або використовуючи стрілу на поворотній платформі. Обидві конструкції досить поширені. Основним недоліком машин зі стрілою, що телескопується, є необхідність забезпечити прохід судів, для чого стріла піднімається на кут до 70° . Машини з поворотною частиною в неробочому стані просто повертаються уздовж причалу.

Для зняття вантажу з причального конвеєра використовується розвантажувальний візок. Далі вантаж піднімається на рівень стріли або із застосуванням норії, якщо причальний конвеєр розташований низько, або за допомогою проміжного тилового конвеєра, якщо причальний конвеєр розташований на піднятій галереї. Для машин зі стрілою, що телескопується, тиловий конвеєр може бути об'єднаний зі стріловим. Для пилопригнічення використовуються спеціальне аспіраційне встаткування, конвеєри й, особливо, вузли пересипання вантажу закриваються кожухами, а вантаж у нижній частині хобота гальмується перед висипанням у трюм.

ОПТИМІЗАЦІЯ СКЛАДСЬКИХ ВАНТАЖОПОТОКІВ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ КОНВЕЄРІВ

Турчин О.В., Аніщенко Г.О., Трифанов А.С.

***Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,
м. Харків***

Конвеєри відносяться до найбільш продуктивних видів транспорту. Застосування конвеєрного встаткування на складах є прогресивним рішенням, що дає значні вигоди в плані зниження енерговитрат, прискорення й раціоналізації переміщень вантажів.

Переміщення можуть виконуватися в горизонтальній площині й у вертикальному напрямку; можливий рух по окружності, по гвинтовій лінії і т. д. Об'єктами, що транспортуються, можуть бути не тільки штучні вантажі, але й блоки вантажів, а також цілі палети. При обробці штучних вантажів на перший план виходять завдання забезпечення операцій, що безпосередньо пов'язані з переміщеннями, наприклад, завантаження/вивантаження в кінцевих і проміжних пунктах; сходження-розведення потоків. Крім того, складські конвеєри зазвичай об'єднані в складну систему, що працює узгоджено із суміжним устаткуванням, призначеним для виконання операцій «на ходу», таких, як зчитування одного або двох розмірних штрих-кодів, а також тексту; зважування; визначення точних лінійних розмірів; маркування й пакування тіл і т. д.

Характерною рисою складських конвеєрів є їхня невелика довжина, значна кількість окремих приводів, різноманітність типів, застосовуваних у межах однієї лінії, наявність допоміжних пристроїв. Найчастіше використовуються комбіновані рішення на основі стрічкових конвеєрів, рольгангів і кульових столів. Велике значення має розташування бічних обмежуючих щитків, що настраюється, особливо, при обслуговуванні вантажів різної форми.

Система керування комплексом конвеєрів повинна запобігати заторам і зіткнення різних вантажів на самих конвеєрах і вузлах завантаження/відвантаження, а також надлишкові скупчення на обслуговуваних площадках та площадках зберігання. Найважливішою вимогою є економія енергоспоживання. Найбільш ефективні підходи, що забезпечують модульність, масштабованість, можливість трансформуватися і нарощуватися.

Інженерні рішення в істотному ступені залежать від швидкості руху конвеєра. Наприклад, для сортування з низькою швидкістю застосовують похилі дефлектори. Для сортування із середньою швидкістю використовують пристрої з робочими органами, що піднімаються. На високошвидкісних сортувальних вузлах застосовуються пристрої з лотками, що нахиляються, з поперечним стрічковим конвеєром-знімачем і з лотками, що розсовуються, а також машина з відхиляючими кулачками.

Малі габарити обумовлюють ряд специфічних вимог до окремих компонентів устаткування. Зокрема, стикування кінців стрічок повинне виконуватися без стовщення. При частих пусках/зупинках підвищені вимоги пред'являються до ваги стрічки й роликів.

ДО ПИТАННЯ ДИНАМІКИ ПОЗИЦІЙНИХ ПНЕВМОАГРЕГАТИВ

Фатєєв О. М., Фатєєва Н. М.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,
м. Харків*

На етапі динамічного синтезу пневмоагрегатів вирішуються завдання, пов'язані з динамічними характеристиками: швидкістю, точністю позиціонування, вибором раціональних фаз руху та ін. Відмінність структурних схем і вибір, як правило, в даний час здійснюється у кожному конкретному випадку в результаті аналізу технологічного процесу, виходячи з конкретних вимог замовника. Для вирішення завдань, пов'язаних з позиціонуванням пневмоагрегатів, потрібно вибрати або розробити структуру, конструктивні параметри, контрольно-вимірювальні прилади і алгоритми управління. Тому актуальною задачею є подальше підвищення ефективності і якості проектування пневмоагрегатів. В роботі розглянуто аналіз динаміки позиційного пневмоагрегата, реалізованого на дискретній апаратурі. Для цього розроблено математичну модель роботи системи позиційних пневмоагрегатів з програмованими електронними блоками управління, що дозволяє враховувати особливості системи пневмоагрегатів, й включає математичні моделі виконавчого механізму, модель ліній управління й модель системи управління з врахуванням реального масштабу часу. В результаті досліджень розроблено методику оцінки функціональних можливостей пневмоагрегата, з точки зору його динаміки, що дозволяє оцінити в якій мірі даний пневмоагрегат може забезпечити виконання потрібних за технологічним процесом характеристик, таких як: швидкість, вантажопідйомність, точність відпрацювання задаючого сигналу та ін. Ця задача була вирішена на базі зворотної задачі динамічного розрахунку пневмоагрегата, яка полягала в знаходженні конструктивних параметрів за заданими технічними характеристиками, для цього була визначена функція позиціонування, що описується для семи та одинадцяти інтервалів руху і яка відповідає таким вимогам позиційного пневмоагрегата: нерозривність значень основних параметрів руху – переміщення, швидкості, прискорення; стійкість розгону і гальмування, що полягає в рівності нулю значень швидкості і прискорення в початковий і кінцевий моменти руху; мінімальність перевантажень, що складається в забезпеченні мінімальності значень прискорення протягом усього періоду руху пневмоагрегата; максимальна продуктивність, що полягає в забезпеченні мінімальності часу руху. На підставі функції позиціонування отримано закони руху вихідної ланки позиційного пневмоагрегата, що дозволяє забезпечити задані технічні характеристики, та забезпечує плавний розгін вихідної ланки пневмоагрегата, потім його рух із постійною швидкістю та плавне гальмування із зупинкою в точці позиціонування. Для використання отриманих результатів при проектуванні розроблена програма в середовищі MATLAB.

ОЦІНКА ПОКАЗНИКІВ НАДІЙНОСТІ ГІДРОУСТАТКУВАННЯ З ОГЛЯДУ НА ЕКСПЛУАТАЦІЙНЕ НАВАНТАЖЕННЯ І СТАН РОБОЧОЇ РІДИНИ

Фатєєва Н. М., Фатєєв О. М., Стогній В. Г.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,
м. Харків*

Класифікація та аналіз відмов, а також опис механізму формування відмов, показують, що найбільш істотними експлуатаційними чинниками, що впливають на зміну показників надійності, є тиск робочої рідини (експлуатаційне навантаження) і стан робочої рідини (ступінь її забруднення). При оцінці показників надійності гідроустаткування слід мати на увазі, що по відношенню до величини навантаження всі елементи гідроустаткування можуть бути здебільшого розділені на три групи: 1) вузли та пари тертя, що призводять до відмов через настання граничного стану цих елементів за зносом; 2) елементи, відмова яких настає внаслідок втомних руйнувань; 3) елементи, відмови яких настають незалежно від величини навантаження, і пов'язані з кінематичними і динамічними характеристиками конструкції. В роботі розглянуто вплив тиску робочої рідини при оцінці показників надійності на етапі проектування на всі три групи елементів. Для першої групи елементів практика показує, що в разі тонкої фільтрації, яка забезпечує зміст в робочій рідині частинок, розмір яких не перевищує половини величини зазору, то знос практично відсутній, і в такому випадку фактор зниження експлуатаційного тиску не впливає на знос. Для більш грубої фільтрації наведені залежності справедливі для величини зносу, при яких, створені в результаті зносу зазори, стають вдвічі більше величини частинок, що містяться в робочій рідині. При зниженні робочого тиску термін служби елементів, відмови яких обумовлені втомним руйнуванням, підвищується в статичній залежності від тиску, причому показник ступеня цієї залежності змінюється в досить широких межах в залежності від конкретного вузла і матеріалу, з якого він виготовлений. Для третьої групи елементів неможливо встановити певну залежність величини напрацювання до відмови з величиною навантаження. У цьому сенсі відмови такого типу елементів можна вважати незалежними від ступеня забрудненості робочої рідини або від величини робочого тиску. Однак, ці відмови не можна вважати незалежними від умов експлуатації, так як вони визначаються частотою обертання валу насоса, вібраційними характеристиками експлуатаційних умов тощо. Разом з тим, встановити конкретні кількісні залежності для такого виду відмов у реальних умовах експлуатації в порівнянні з записаними в ТУ не представляється можливим без експлуатаційних спостережень за цими елементами в реальних умовах роботи. З огляду на цю обставину можна вважати, що по цій групі відмов (отже, і по насосах в цілому) зниження експлуатаційних навантажень (зокрема, робочого тиску) в порівнянні з номінальними їх значеннями, збільшуючи довговічність виробу, практично не змінюють показники безвідмовності (величину напрацювання до відмови), по відношенню до записаних в технічних умовах.

ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ВИРОБНИЧИХ СИСТЕМ ЯК НАПРЯМОК ПІДВИЩЕННЯ ЇХНЬОЇ ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ

Феденюк Д.В., Шелковий О.М.

Національний технічний університет

«Харківський політехнічний інститут», м. Харків

Рішення завдання організації ефективної діяльності машинобудівного виробництва в умовах постійно зростаючих вимог споживачів до якості продукції, її ціни і термінів постачання вимагає одночасного виконання комплексу умов забезпечення конкурентоспроможності підприємства: 1) підвищення якості; 2) зростання продуктивності; 3) зниження витрат; 4) скорочення термінів освоєння продукції; 5) скорочення тривалості виробничого циклу і таке інше.

При цьому структурна перебудова виробництва повинна проводитись комплексно разом зі зміною: її структури і організації, структури продукції, що випускається, структури технологічного обладнання і оснащення, структури виробничих і допоміжних кадрів та багато чого іншого.

Основою для розробки та здійснення активних дій що до інтенсифікації виробничих процесів служать раціонально розподілені і взаємопов'язані в часі і просторі види діяльності: в області якості (функції менеджменту якості), організаційна структура системи менеджменту якості, засоби і методи забезпечення якості. Це призводить до того, що система менеджменту якості машинобудівного підприємства стає дуже складним об'єктом для вивчення, аналізу й моделювання.

Як правило, роботи зі здійснення менеджменту якості передбачають розв'язання цілого комплексу проблем організаційного, економічного, технічного, соціально-психологічного характеру, які погано піддаються суворому математичному опису. В цих умовах перспективним видається використання методів імітаційного моделювання.

Метод імітаційного моделювання менеджменту якості може розглядатися як своєрідний експериментальний метод дослідження поведінки виробничої системи. Він дозволяє формувати бази типових управлінських сценаріїв на основі прецедентного методу з подальшою декомпозицією структури управління виробничою системою, що дозволяє створювати багаторівневу ієрархію діаграм роботи підрозділів доки не буде досягнутий такий рівень декомпозиції, на якому процеси стають елементарними і деталізувати їх далі недоцільно.

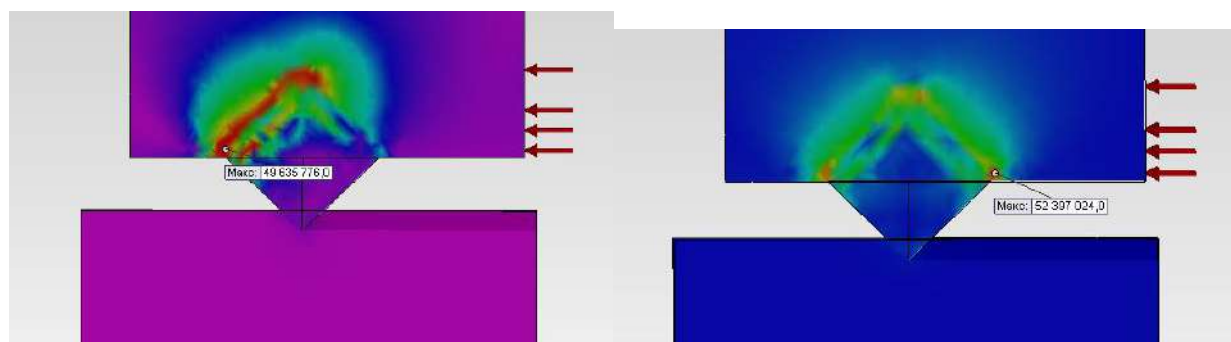
При цьому імітаційне моделювання по суті збігається з реальним процесом регламентації управлінської діяльності коли йде деталізація її змісту за рівнями «функція – роботи – операції – комплекси прийомів – прийоми», що зараз знаходить своє відображення в таких сучасних класах систем управління підприємствами, як MRP (Manufacturing Resource Planning) та ERP (Enterprise Resource Planning).

3D МОДЕЛЮВАННЯ УЛЬТРАЗВУКОВОГО АЛМАЗНОГО ШЛІФУВАННЯ

Федорович В.О., Островерх Є.В., Козакова Н.В.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

У роботі представлено методологію 3D моделювання процесу ультразвукового алмазного шліфування. Основною причиною високої собівартості процесу алмазного шліфування, поряд з високою вартістю алмазних кругів, є надзвичайно низький коефіцієнт використання потенційно високих ріжучих властивостей алмазних зерен. Зерна не використовують своїх можливостей через передчасне випадіння із зв'язки. Проте відомо, що ефективність процесу алмазного шліфування можливо суттєво підвищити шляхом введення до зони обробки ультразвукових коливань. Авторами висунуто і досліджено гіпотезу, що застосуванням ультразвукового шліфування можливо підвищити коефіцієнт використання алмазних зерен. Визначення оптимальних умов ультразвукового шліфування експериментальним методом є досить трудомістким і високовартісним завданням. Тому запропоновано методологію 3D моделювання процесу ультразвукового алмазного шліфування, засновану на розрахунку напружено-деформованого стану зони шліфування методом кінцевих елементів, яка реалізується через програмні пакети типа LS-DYNA, Abaqus, CosmosWorks та інші. Перевагами даної методики розрахунку є об'ємне тримірне розв'язання задачі, отримання тримірних термосилових полів головних та приведених напруг.



а)

б)

Рисунок 1 – Розподіл еквівалентних напруг у контакті
«зерно–зв'язка» при різних способах шліфування:
а – без ультразвуку; б – з ультразвуком

Розрахунки показали, що при звичайному шліфуванні максимальні напруги на межі «алмазне зерно–зв'язка» зконцентровано з одного боку зерна, що зумовлює їхнє випадіння із зв'язки, тоді як при ультразвуковому шліфуванні вони рівномірно розподіляються за всією межею контакту (рис. 1). Це значно знижує вірогідність їх випадіння із зв'язки, тому сприятиме зменшенню питомої витрати алмазів круга і, як наслідок, зниженню собівартості обробки.

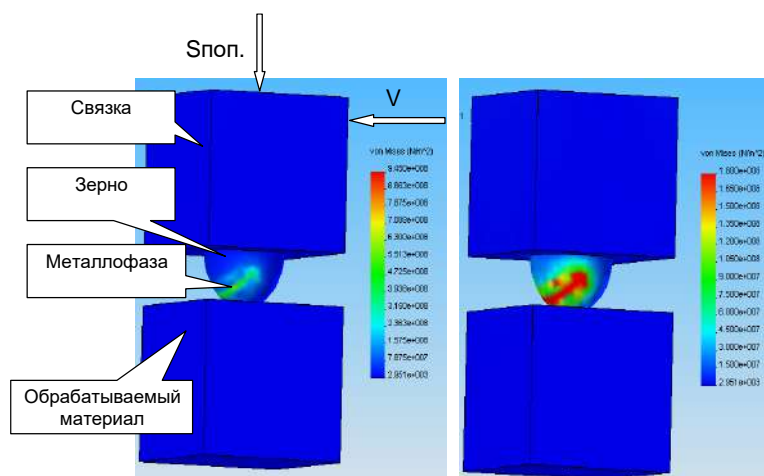
ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ШЛИФОВАНИЯ НА ИНТЕНСИВНОСТЬ САМОЗАТАЧИВАНИЯ АЛМАЗНЫХ КРУГОВ

Федорович В.А.

*Национальный технический университет
«Харьковский политехнический институт», г. Харьков*

Эффективность процесса алмазного шлифования в большой степени определяется способностью алмазных кругов самозатачиваться в процессе обработки. Определение условий самозатачивания алмазных кругов экспериментальным методом весьма трудоемкий и дорогостоящий процесс. Поэтому нами предложена методология 3D моделирования процесса алмазного шлифования, основанная на расчете напряженно-деформированного состояния (НДС) зоны шлифования методом конечных элементов.

Выдвинута гипотеза о том, что на процесс самозатачивания алмазных зерен существенное влияние может оказывать температурный фактор. Эта гипотеза основана на том, что алмазные зерна в своем составе содержат небольшое количество металлофазы, коэффициент термического расширения, которой в несколько раз выше, чем у алмаза. Поэтому при нагревании в процессе шлифования в металлофазе возникают термические напряжения, которые способствуют разрушению зерен т.е. обеспечивают их самозатачивание. Проверку этой гипотезы проводили расчетным путем в пакете CosmosWorks.



а) температура в зоне резания 500⁰С; б) температура в зоне резания 700⁰С;

Рисунок - Результаты расчета термосиловых полей напряжений 3D модели системы «зерно - металлофаза – связка – обрабатываемый материал»:

Установлено (рисунок), что уже при температуре 700⁰С в микроразрушения (самозатачивания) алмазных зерен при шлифовании.

ПОТЕНЦИАЛЬНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ МЕТОДА МНОГОПАРАМЕТРИЧЕСКИХ ОТОБРАЖЕНИЙ В СИСТЕМАХ CAD/CAM/CAE ИНЖЕНЕРНЫХ ЗАДАЧ

Французов В.И.

*Национальный технический университет
«Харьковский Политехнический институт», г. Харьков*

Метод многопараметрических отображений [1] может эффективно применяться при моделировании различных инженерных задач – конструировании и аналитическом задании поверхностей деталей и инструментов, моделировании кинематических схем формообразования и резания, графическом моделировании и авточерчении и др. (Рис.1).

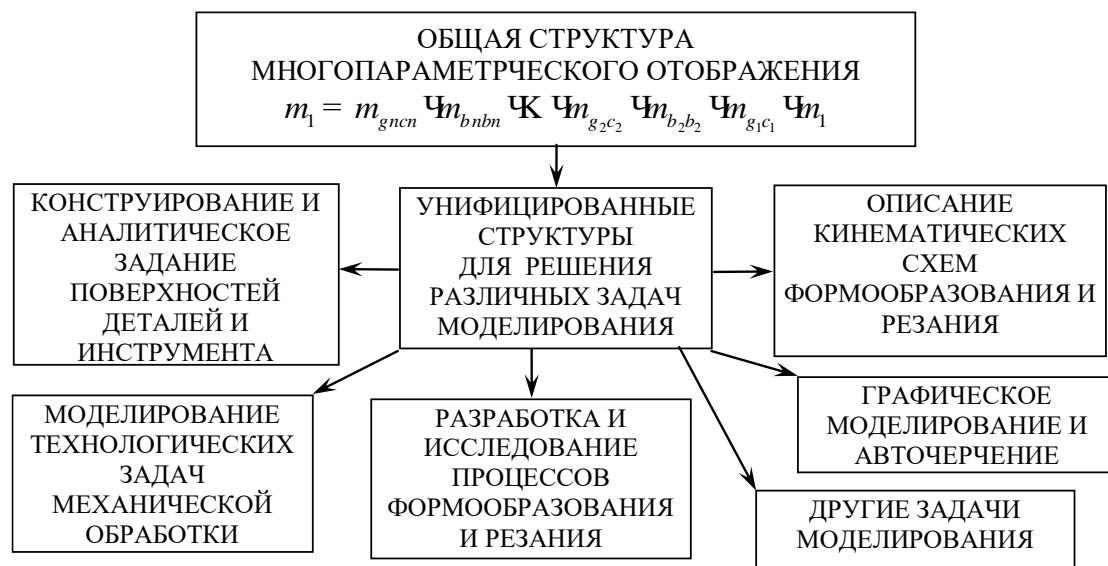


Рис. 1. Возможности использования метода многопараметрических отображений при моделировании инженерных задач

Эффективным средством реализации отображающих и формализующих возможностей метода многопараметрических отображений при моделировании является конкретизация его общей структуры путем определения для рассматриваемой инженерной задачи унифицированной структуры отображения с соответствующей системой параметров, например [2].

Разрабатываемые на основе унифицированных матричных структур обобщенные модели и алгоритмы, например [3], могут являться теоретической базой при создании систем CAD/CAM/CAE инженерных задач.

Литература:

1. Перепелица Б.А. Отображения аффинного пространства в теории формообразования поверхностей резанием. Харьков: Вища школа. Изд-во при Харьк.ун-те, 1981.- 152 с. 2. Французов В.И. Унифицированная матричная структура отображения как обобщенная модель конструирования и формообразования //Информационные технологии: наука, техника, технология, образование, здоровье: Тр. междунар. науч.-техн.конф., Харьков, 12-14 мая 1997 г. В пяти частях. Ч2.- Харьков, 1997.- С. 410-412. 3. Французов В.И. Алгоритмические особенности моделирования формообразования на основе обобщенных аналитических моделей огибающих инструментальных поверхностей. //Резание и инструмент в технологических системах: междунар. науч.-техн. сб. – Харьков: НТУ «ХПИ», 2008. – Вып. 74.- С. 301-305.

ЗНОС ІНСТРУМЕНТУ І ВЗАЄМОЗВ'ЯЗОК З ГЕОМЕТРІЄЮ ПОВЕРХНІ ПРИ МЕХАНІЧНІЙ ОБРОБЦІ КОМПОЗИТІВ

Хавін Г.Л., Хоу Чжівень

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,
м. Харків*

При механічній обробці полімерних композитів (ПК) на основі вугле- і склопластику має місце інтенсивний знос інструменту. Він досить швидко змінює вихідну геометрію інструменту і значно впливає на оброблюваність, і, як наслідок, призводить до інтенсифікації пошкодження обробленої поверхні.

На основі досвіду проведених досліджень було отримано ряд якісних оцінок, що описують це явище. Було доведено, що інтенсивність зносу істотно залежить від орієнтації волокна θ , і максимальний знос інструменту відбувається уздовж бічної поверхні при обробці односпрямованого ПК при $30^\circ < \theta < 60^\circ$. Головними напрямками досліджень, спрямованих на зменшення зносу є вибір оптимальної початкової геометрії інструменту та використання різних покриттів, що захищають ріжучу кромку.

Найбільш поширеними критеріями оцінки гостроти ріжучої кромки при обробці ПК є радіус ріжучої кромки r або округлість ріжучої кромки і знос по задній поверхні інструменту.

Основні цілі цієї роботи можуть бути сформульовані наступним чином. Пропонується в якості характеристика прихованого зносу інструменту використовувати величину округлення різальної крайки (CER), як міру гостроти або його затуплення. Для кількісної оцінки зростаючої величини CER розробляється математична модель, заснована на аналітичному опису збільшення величини округлення, зміни форми і зміщення центру вписаного кола. З використанням моделі безпосередньо можливо оцінити втрату обсягу матеріалу за час обробки і взаємозв'язок з традиційним критерієм зносу по задній поверхні. Для опису змінної мікрогеометрії використовується співвідношення Heckman [1] і Cortes [2], де використовується уявлення округлення не тільки одним колом, а і асиметрію, що описується поліноміальних поданням.

Література:

1. Systematische Analyse der Schneidkantenarchitektur mit Hilfe der Finite-Elemente-Methode. Heckmann, Lars. kassel university press, ISBN: 978-3-89958-980-1, 2010, 182 Seiten. URN: urn:nbn:de:0002-9816. Zugl.: Kassel, Univ., Diss. 2010.
2. Cutting edge preparation of precision cutting tools by applying micro- abrasive jet machining and brushing. Cortés Rodríguez, Carlos Julio. kassel university press, ISBN: 978-3-89958-712-8, 2009, 205 Seiten. URN: urn:nbn:de:0002-7135. Zugl.: Kassel, Univ., Diss. 2009.

ПРОГРАМНО-ТЕХНІЧНИЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ГІДРОТУРБІН НОВОГО ТИПУ

**Черкашенко М.В., Потетенко О.В., Крупа Є.С., Гасюк О.І.,
Дорошенко О.В., Копійка О.О.**

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,
м. Харків*

При швидкому зростанні споживання електроенергії на душу населення в економічно розвинених країнах одночасно зростає потреба в покритті пікових навантажень електроенергії добового регулювання. Цю проблему успішно вирішують гідроенергетичні комплекси (ГЕС і ГАЕС). Відомо, що з режиму роботи «синхронного компенсатора» гідроагрегат запускається на повне навантаження протягом декількох секунд, а з режиму повної зупинки протягом 2-3 хвилин, що обумовлює експлуатацію гідротурбін на змінних режимах з частими зупинками і пусками так званого «групового регулювання». Перераховані вище особливості експлуатації накладають нові вимоги до системи управління.

Вперше у світовій практиці гідротурбобудування розроблено радіально-діагональні гідротурбіни на надвисокі напори до 800-1000м, діагонально-осьові гідротурбіни, ціла серія прямоточних капсульних гідроагрегатів та ін., що забезпечують надійну експлуатацію в розширеному діапазоні по напору і витраті з підвищенням середньоексплуатаційного ККД на 2-7%, захищені патентами України. Ці типи гідротурбін обладнані дворядними системами лопатей, що потребувало в свою чергу розробку нового комплексу системи регулювання робочим процесом.

При пуску, зупинці гідроагрегату, зміні режиму роботи головним завданням системи регулювання є забезпечення синхронної частоти обертання ротора, що забезпечується системою розвороту лопаток направляючого апарату, що змінюють витрату потоку і його напрямок перед робочим колесом. Одночасно з цим, відповідно до комбінаторної залежності, яка забезпечує мінімальні втрати енергії відбувається розворот лопатевих систем. Основним завданням системи управління є безперервний вахтовий електронний запис режимів експлуатації окремих агрегатів та вузлів, що забезпечують експлуатацію гідротурбінного обладнання, таких як фіксація протікання масла і води через ущільнення, температурні режими роботи підшипників і підп'ятників, рівні вібрації ротора і окремих поверхонь і вузлів, календарні графіки заміни масла окремих елементів в агрегатах, що забезпечують експлуатацію і особливо попередження можливих аварійних ситуацій.

До складу програмно-технічного комплексу для управління і обробки інформації входять: персональний комп'ютер; програмований контролер; набір відповідних датчиків параметрів системи.

ВИЗНАЧЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК БАГАТОСТУПЕНЕВОГО ВІДЦЕНТРОВОГО НАСОСУ ПРИ РЕАЛЬНИХ УМОВАХ ЕКСПЛУАТАЦІЇ НАФТОГАЗОВИХ СВЕРДЛОВИН

Шевченко Н.Г., Іващенко В.Ю.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,
м. Харків*

У реальних умовах експлуатації нафтогазових свердловин продукцією заглибних насосів є суміш пластової нафти, води та газу – газорідинна суміш (ГРС). Рух цієї суміші у електровідцентрових насосах (ЕВН) характеризується безперервним зростанням тиску й температури, зміною дійсної об'ємної фази газу, в'язкості, щільності уздовж насоса. У зв'язку із цим, для розрахунків енергетичних характеристик багатоступеневого насоса необхідно дотримуватися перерахування гідродинамічних параметрів потоку кожної ступені вздовж насосу. Розглянуто наступний алгоритм розрахунку.

Вихідні дані: тиск на вході насоса $P_{\text{пр}}$, тиск газонасичення $P_{\text{нас}}$, залежності зміни об'ємного газовмісту суміші, густини, ефективної в'язкості від тиску $\rho_{\text{см}} = f(P)$, $\mu_{\text{см}} = f(P)$, $\beta_{\text{г}} = f(P)$, розчинність газової фази $\alpha = f(P)$, паспортні характеристики для ступенів, що входять у збірку ЕВН.

Спочатку розраховується напір і ККД, що буде створені першим (-і) ступенем при відомому тиску на прийомі, згідно залежностям:

$$H_i = \begin{cases} K_{H_{\text{г}}} (Q_{\text{гpcі}}) \cdot H(Q_{\text{ві}}), & \text{коли } P_i < P_{\text{нас}} \\ K_{H_{\text{вязк}}} (Q_{\text{рі}}) \cdot H(Q_{\text{ві}}), & \text{коли } P_i \geq P_{\text{нас}} \end{cases}; \quad \eta_i = \begin{cases} K_{\eta_{\text{г}}} (Q_{\text{гpcі}}) \cdot \eta(Q_{\text{ві}}), & \text{коли } P_i < P_{\text{нас}} \\ K_{\eta_{\text{вязк}}} (Q_{\text{рі}}) \cdot \eta(Q_{\text{ві}}), & \text{коли } P_i \geq P_{\text{нас}} \end{cases},$$

де H_i , η_i – напір і ККД, що створені першим (-і) ступенем; $K_{H_{\text{вязк}}}$, $K_{\eta_{\text{вязк}}}$, $K_{H_{\text{г}}}$, $K_{\eta_{\text{г}}}$ – перерахункові коефіцієнти, що залежать від типу суміші – в'язкої рідини або ГРС; $H(Q_{\text{ві}})$, $\eta(Q_{\text{ві}})$ – значення напору і ККД паспортних характеристик.

Тиск на виході ступеня визначаємо по формулі: $P_{i+1} = P_i + (\rho_{\text{см}})_i \cdot g \cdot H_i$. Для нових термодинамічних умов на прийомі наступної ступені, визначаються нові значення густини, в'язкості, газовмісту нафтової продукції. Далі розрахунки повторюються від ступеня до ступеня. Число ступенів досягає близько від 300 до 500. У роботі використовуються теоретичні методи дослідження, що засновані на промислових даних для розрахунків параметрів газорідинної суміші та характеристик ЕВН, а також комплекс програм «PVT-Well-Pump», що створено на кафедрі «Гідравлічні машини» ім. Г.Ф. Проскури НТУ «ХПІ» [1].

Література:

1. Шевченко Н.Г. Комп'ютерна програма «Програма моделювання сумісної роботи заглибного відцентрового насоса (ЕВН) та свердловини при видобутку нафти» («PVT-Well-Pump») / Н.Г. Шевченко, О.Л. Шудрик // Свідectво про реєстрацію авторського права на твір №74077, Україна. Дата реєстрації 09.10.2017.

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ВЛАСТИВОСТІ ВОДОНАФТОВОЇ ЕМУЛЬСІЇ НА РЕЖИМ РОБОТИ ШТАНГОВОГО НАСОСУ

Шевченко Н.Г., Колачова А.М.

Національний технічний університет

«Харківський політехнічний інститут», м. Харків

Нині актуальним напрямом є рішення практичних задач в складних технічних об'єктах з урахуванням реальних характеристик середовища (неньютонівські рідини, гетерогенні суміші). Було встановлено, що збільшення об'ємної концентрації води в нафті сприяє утворенню водонафтових емульсій (ВНЕ) з підвищеною в'язкістю і зміні характеристик реологій водонафтової суміші [1]. Найбільш критичним діапазоном обводнення нафти є 40-70 %, коли в'язкість емульсії різко збільшується у декілька разів. Така в'язкість в першу чергу впливає на роботу всієї насосної штангової установки (ШНУ): підвищуються амплітудні навантаження на колону штанг, збільшуються гідравлічні тертя штанг при ході їх вниз нерідко до значення ваги колони штанг, що призводить до зависання штанговий колони. Для підвищення ефективності експлуатації заглибного штангового насоса необхідно на етапі проектування проводити чисельні експерименти за допомогою комплексу програм по визначенню фізичних параметрів газорідинної суміші на прийомі у насос та НКТ, експлуатаційних параметрів плунжерного насоса, перевірки забезпечення втомної міцності обраної колони насосних штанг. У комплексі програм [2], що розроблено на кафедрі гідромашин НТУ «ХПІ», використовуються відомі загальні методики А. П. Сілаш, М. Пирвердяна та Ш. Гіматудинова та залежності визначення ефективної в'язкості ВНЕ, згідно [1].

У роботі проведено адаптація комплексу програм для умов експлуатації свердловини для критичних значень обводнення нафти від 40 % до 70 %; дослідження впливу ефективної в'язкості ВНЕ на експлуатаційні параметри плунжерного насоса; визначення статичних та динамічних загрузок, що діють на колону штанг, втрати довжини ходу плунжера; визначення енергетичних характеристик всієї насосної установки насоса. Облік нелінійності властивостей в'язкості ВНЕ показав, що втрати потужності у критичному діапазоні обводнення нафти 40-70 % у штанговому насосі НСВ1-38 збільшуються на 5-10%. Дані отримані для запланованого дебіту свердловини $Q_{\text{рид.сеп.}} = 40 \text{ м}^3/\text{доб.}$. Встановлено, що для забезпечення втомної міцності колони насосних штанг для критичного діапазону обводнення нафти треба обрати нову конструкцію колони штанг.

Література:

1. Шевченко Н.Г. Врахування реологічних властивостей водо нафтової емульсії на робочі характеристики відцентрового насоса // *Н.Г.Шевченко, А. Шудрик, О.С. Коваль Bulletin of the National Technical University «KhPI». Series: Hydraulic machines and hydraulic units*, № 17 (1293), 2018, с.58-65.
2. Шевченко Н.Г. Комплекс программ для расчета параметров штанговой скважинной насосной установки / *Н.Г. Шевченко, О.С. Коваль, О.Л. Шудрик // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Енергетичні та теплотехнічні процеси й устаткування. – Х.: НТУ «ХПІ», 2014. – № 1(1044). – С. 175-179.*

ЗАСТОСУВАННЯ КВАТЕРНІОНІВ В РОЗВ'ЯЗУВАННІ ЗАДАЧ ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ СКЛАДАЛЬНИХ ОПЕРАЦІЙ МАШИНОБУДУВАННЯ

Шелковий О.М., Феденюк Д.В.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

Складальні операції машинобудівного виробництва представляють собою дуже складний об'єкт для вивчення, аналізу та моделювання. Це пов'язано з тим, що складальні операції на підприємстві передбачають рішення цілого комплексу, що погано піддаються строгому математичному опису проблем організаційного, економічного, технічного, соціально-психологічного характеру. У таких умовах перспективним представляється використання методів імітаційного моделювання.

Метод імітаційного моделювання – це один з найбільш ефективних методів вивчення практично функціонуючих і знову створюваних об'єктів будь-якої природи й ступеня складності. Сутність цього методу полягає в побудові імітаційної моделі досліджуваного об'єкта й у цілеспрямованому експериментуванню із цією моделлю для вивчення поведінки в різних умовах.

Імітаційне моделювання є універсальним методом, який забезпечує як точний аналіз, так і візуальну представлення альтернативних варіантів управлінської поведінки.

Для розв'язку задачі переміщення й обертання виробів на кожному етапі складання й визначення кінцевої точки положення виробу в тривимірному просторі використовуються рівняння кватерніонів. Кватерніони є розширенням комплексних чисел (які, у свою чергу, є розширенням речовинних чисел).

Довільний кватерніон (що також складається з дійсної й уявної частин) може бути представлений у наступному виді: $q = w + ix + jy + kz$.

Тут w – це дійсна частина кватерніона, а x, y, z – його уявна частина.

Послідовне застосування поворотів, що задаються одиничними кватерніонами q_1 і q_2 , відповідає повороту за допомогою кватерніона.

Для одиничного кватерніона q виходить відповідна йому матриця повороту:

$$R(q) = \begin{pmatrix} 1 - 2(y^2 + z^2) & 2(xy - wz) & 2(xz + wy) \\ 2(xy + wz) & 1 - 2(x^2 + z^2) & 2(yz - wx) \\ 2(xz - wy) & 2(yz + wx) & 1 - 2(x^2 + y^2) \end{pmatrix}.$$

Імітаційне моделювання процесу складання виробів машинобудування здійснюється в системі GPS 3D у якому обертання виробів (моделей) у просторі побудоване завдяки рівнянням кватерніонів. Послідовність перетворень поворотів кватерніонів має вигляд: $R(q_1) \cdot R(q_2) \cdot \dots \cdot R(q_n)$.

У такий спосіб застосування рівнянь кватерніонів у задачах складання виробів машинобудування, дозволяють визначити точне кінцеве положення виробу в тривимірному просторі, при різноманітних поворотах проміжних вузлів.

СЕКЦІЯ 4. ФУНДАМЕНТАЛЬНІ ТА ПРИКЛАДНІ ПРОБЛЕМИ ТРАНСПОРТНОГО МАШИНОБУДУВАННЯ

SYNTHESIS OF DEVICES FOR ESTIMATING TECHNICAL CONDITION OF FUEL INJECTION NOZZLES

Borisenko A.N., Borisenko E.A., Sergienko N.E., Tanko E.V.

Medvedev N.G. *, Nazarov A.I. **

National Technical University

“Kharkiv Polytechnic Institute”

**Kharkiv State Automobile and Highway College,*

*** Kharkiv National Automobile and Highway University,
Kharkiv*

Two options for structures of diagnostic devices, which are based on an assessment of the technical condition of the nozzle by the speed of movement of its needle, are proposed in the paper [1]. Too high speed of its movement to the stop and reduced speed when moving into the nozzle seat indicate a weakened return spring (or its tightening), decrease in the speed of the needle to stop at a normal speed of landing in the seat is an indicator of reduced fuel supply pressure. The reduced speed of the needle in both directions indicates increased friction against the nozzle body, caused, for example, by deformation of the needle, etc. The needle speed is estimated by E.M.F. of the self-induction arising on the measuring coil due to a change that penetrates it when the needle moves the magnetic flux. The latter can be created with a permanent magnet or magnetizing winding. During operation of the nozzle, the gaps between its units can change, causing a change in the magnetic resistance of the nozzle, which can be considered as a magnetic circuit. In addition, the magnetic induction created with the permanent magnet may decrease. To take into account and compensate for the influence of these factors on the accuracy of diagnosis, special measures can be taken, for example, a corresponding increase in the magnetizing winding current.

To solve this issue, telemetry information transmission tools were proposed [2], taking into account the design, operation and installation of nozzles, and a stand for the diagnosis of internal combustion engines [3].

The proposed devices have successfully passed experimental studies on 10D100, 2D70, 3D70, 5D70 diesel generators, on automobile and tractor diesel engines with power of 110-176 kW.

References:

1. Borisenko A.N. Theory and practice of computerized information-measuring systems for control and diagnostics of diesel generators: thesis of Doctor of Eng. sciences. Kiev, 2010. T1. 337 p.
2. Sergienko N.E., Bezpalko A.Yu., Miroshnichenko N.V. Features of transmission of telemetric information during tests of motor vehicles. Bulletin of the National Technical University “KhPI”: Collection of research papers, Kharkov: NTU “KhPI”, 2011. No. 56: Automobile and tractor engineering. P.106-109.
3. Borisenko A.N., Sergienko N.E., Kubrick B.I., Sobolev E.F. Stand for the diagnosis, management and evaluation of internal combustion engines. Information technology: science, technology, technology, education, health. Lecture notes of XXVI International Research-to-Practice Conference (May 16-18, 2018, Kharkiv). Kharkiv: NTU “KhPI”, 2018. Part 1. P. 149.

DETERMINATION OF CARBON DIOXIDE EMISSIONS WITH DIESEL ENGINE EXHAUST GAS FLOW

Kondratenko O.M., Bigun S.M., Ryabchenko K.V.

*National University of Civil Defense of Ukraine,
Kharkiv*

As is known from the analysis of studies of scientists who specialize in ensuring the ecological safety of exploitation process of power plants with reciprocating ICE, except for the legislative normalized directly indicators of its level – mass hourly emissions of particulate matter PM, nitrogen oxides NO_x , unburned hydrocarbons C_nH_m , carbon monoxide CO, exist also legislative regulated indirectly, among which emissions of carbon dioxide CO_2 should be singled out, since this pollutant is both a toxic substance and a greenhouse gas, and its emission is limited by the quota of the Kyoto Protocol [1].

To account of such emissions in the criteria-based assessment using the mathematical apparatus of the complex fuel-ecological criterion K_{fe} , the value of mass hourly emission $G(\text{CO}_2)$ and dimensionless index of the relative aggressiveness of this pollutant $A(\text{CO}_2)$ should be determined. It was found that under normal conditions the concentration of CO_2 in dry atmospheric air is 250 ... 450 ppm, physiologically normal content in the air of the room is 600 ... 800 ppm, there is a negative impact on the state of health of the person from 10^3 ppm, lethal dose $LD_{50} = 90 \cdot 10^3 \text{ mg/m}^3$. For Ukraine, the Kyoto Protocol's CO_2 emission quota is 922 million tonnes/year, of which 45 % remains unclaimed. $\text{MPC}(\text{CO}_2) = 9000 \text{ mg/m}^3$, so $A(\text{CO}_2) = 0.002$. The study analyzes the features of the processes that lead to the formation of CO_2 and proposes to determine the value of $G(\text{CO}_2)$ by the formula (1).

$$G(\text{CO}_2) = G_{\text{fuel}} \cdot 3,20 - G(\text{CO}) \cdot 1,59 - G(\text{C}_n\text{H}_m) \cdot 3,07 - G(\text{PM}) \cdot 2,85, \text{ mg/h.} \quad (1)$$

Distribution of magnitude of $G(\text{CO}_2)$ by the regimes of the ESC standardized steady test cycle (UNECE Regulation No. 49) for 2Ch10.5/12 autotractor diesel and by the field of its operating regimes obtained in this study by the proposed method is illustrated in Fig. 1.

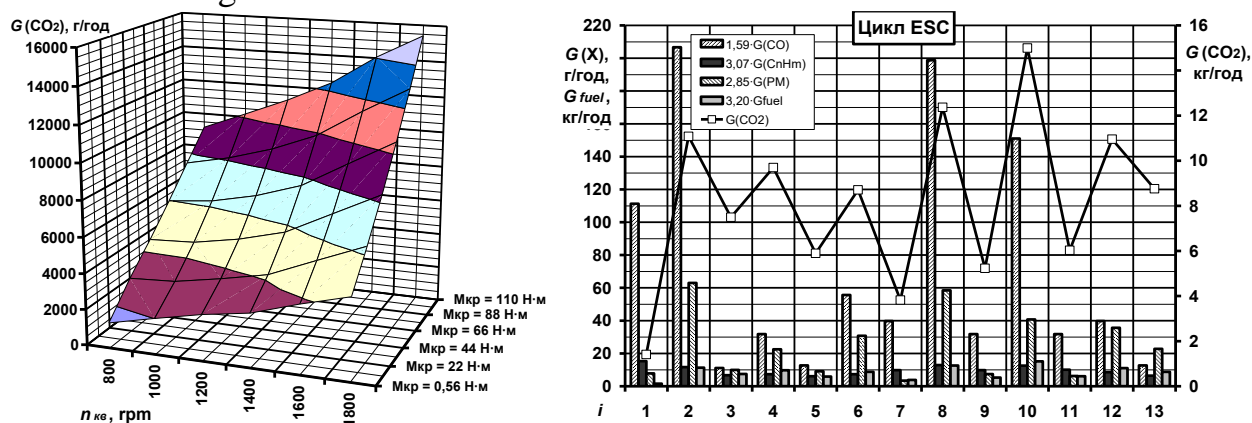


Fig. 1 – Results of the study

References:

1. Kondratenko O.M. (2019). Metrological aspects of complex criteria-based assessment of ecological safety level of exploitation of reciprocating engines of power plants: Monograph. Kharkiv. Publ. Style-Izdat. 532 p. ISBN 978-617-7738-33-5.

DETERMINATION OF WATER VAPOR EMISSIONS WITH DIESEL ENGINE EXHAUST GAS FLOW

Kondratenko O.M., Botsmanovska O.S., Kapinos E.V.

*National University of Civil Defense of Ukraine,
Kharkiv*

As is known from the analysis of studies of scientists who specialize in ensuring the ecological safety of exploitation process of power plants with reciprocating ICE, except for the legislative normalized directly indicators of its level – mass hourly emissions of particulate matter PM, nitrogen oxides NO_x , unburned hydrocarbons C_nH_m , carbon monoxide CO, exist also legislative regulated indirectly, among which the least toxic, but the most significant in volume, is the emission of water vapor H_2O as a product of complete combustion of motor fuel hydrocarbons [1]. In this case, H_2O vapor is a reagent in the formation of acid rain, increases the humidity of the atmospheric air, worsening the sanitary and hygienic conditions of work and human habitation and promotes corrosion of machine parts. To account of such emissions in the criteria-based assessment using the mathematical apparatus of the complex fuel-ecological criterion K_{fe} , the value of mass hourly emission $G(\text{H}_2\text{O})$ and dimensionless index of the relative aggressiveness of this pollutant $A(\text{H}_2\text{O})$ should be determined. Since there are no standards limiting the MPC of water vapor in the air, we will assume that the magnitude of this indicator is limited by the humidity standards, which, in turn, is determined by the magnitude of saturated water vapor pressure and depends on the magnitudes of barometric pressure and air temperature. Taking into account these aspects, it can be assumed that for normal conditions ($\varphi = 80\%$, $t = 0^\circ\text{C}$, $P_0 = 101325\text{ Pa}$), the value of $A(\text{H}_2\text{O})$ is $1.976 \cdot 10^{-3}$. The features of the processes leading to the formation of H_2O vapor are considered in the study and the value of $G(\text{H}_2\text{O})$ is proposed to be determined by formula (1).

$$G(\text{H}_2\text{O}) = C_f(\text{H}) \cdot 2 \cdot \mu(\text{H}_2\text{O}) / (4 \cdot \mu(\text{H})) = k(\text{H}_2\text{O}) \cdot G_{fuel} = 1,08 \cdot G_{fuel}, \text{ kg/h} \quad (1)$$

Distribution of magnitude of $G(\text{H}_2\text{O})$ by the regimes of the ESC standardized steady test cycle (UNECE Regulation No. 49) for 2Ch10.5/12 autotractor diesel and by the field of its operating regimes obtained in this study by the proposed method is illustrated in Fig. 1.

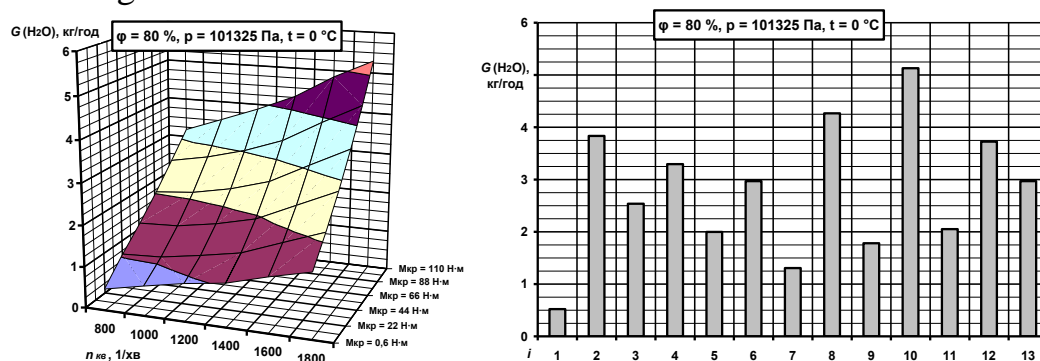


Fig. 1 – Results of the study

References:

1. Kondratenko O.M. (2019). Metrological aspects of complex criteria-based assessment of ecological safety level of exploitation of reciprocating engines of power plants: Monograph. Kharkiv. Publ. Style-Izdat. 532 p. ISBN 978-617-7738-33-5.

SUBSTANTIATION OF SELECTION OF RATIONAL UNITS OF EXPRESSION OF MONETARY COMPONENTS OF INDICATOR OF ECOLOGICAL SAFETY LEVEL OF ICE EXPLOITATION

Kondratenko O.M., Kovalenko S.A.,

National University of Civil Defense of Ukraine, Kharkiv

In order to carry out a comprehensive assessment of the level of ecological safety of exploitation process of power plants with reciprocating ICE, it is rational to use a mathematical apparatus of complex fuel and ecological criterion of prof. I.V. Parsadanov (NTU «KPI») K_{fe} [1]. One of its main advantages over alternatives is the presence in the structure of components having monetary units of expression, namely: monetary costs for consumed motor fuel $Z_f = g_e \cdot P_f$, compensation for ecological damage to the environment and human $Z_e = g_e \cdot \delta \cdot \sigma \cdot f \cdot \sum (A_k \cdot G_{ki} / G_{fi})$, and total fuel and ecological costs $Z_{fe} = Z_f + Z_e$. In that formulas: g_e – specific effective mass hourly fuel consumption, kg/(kW·h); P_f – price per unit weight of motor fuel, \$/kg; σ – dimensionless indicator of the relative risk of contamination in different territories; f – dimensionless coefficient that takes into account the nature of the scattering of EG in the atmosphere; $\delta = P_f$ – dimension indicator that converts a score assessment into a value, \$/kg; G_{fuel} – mass hourly fuel consumption, kg/h; G_k – mass hourly emission of k -th pollutant in EG flow, kg/h; A_k – dimensionless indicator of the relative aggressiveness of the k -th pollutant in EG flow.

However, when performing a comparative calculation study for reciprocating ICE of the same and different brands and/or models, of different release dates or experimentally investigated at different time periods, or of the same engine in different technical condition or, in the rest, of are in exploitation process in the territories of different countries of the world there is a problem of bringing the units of expression Z_f , Z_e and Z_{fe} to each other. In the original mathematical apparatus at the time of its creation (2003), such units were $\text{€}/(\text{kW}\cdot\text{h})$, in previous works, the authors proposed to switch to the use of one of the world's reserve freely convertible currencies, the history of which completely covers the history of reciprocating ICE as such – US Dollar, i.e. \$/(kW·h). However, due to the extremely volatile exchange rate of the Ukrainian Hryvnia to the US Dollar, there is some ambiguity in determining the numerical values of Z_f , Z_e and Z_{fe} for different historical periods. The results of a comparative calculation study for substantiation of this choice are summarized in Table 1.

Table 1 – Results of the study

Monetary costs	Year	Units of expression					
		€/(kW·h)			\$/ (kW·h)		
Z_e	2003	2,081	2,729	2,553	0,391	0,513	0,480
	2018	27,050	35,472	33,185	0,567	0,744	0,696
Z_f	2003	0,574	0,685	0,899	0,108	0,129	0,169
	2018	7,463	8,903	11,681	0,156	0,187	0,245
ICE operational regime		N_{enom}	M_{max}	idle	N_{enom}	M_{max}	idle

References:

1. Кондратенко О.М. Обґрунтування вибору раціональних одиниць вираження вартісних складових комплексного паливно-екологічного критерію / О.М. Кондратенко, С.А. Коваленко // Електронна збірка наукових праць «Е-КОНОМІКА». – 2019. – № 1(3)/2019. – С. 114-118.

OBTAINING OF INDICATORS OF ECOLOGICAL SAFETY LEVEL OF DIESEL ENGINE THAT OPERATES ON TESTING CYCLE ESC

Kondratenko O.M.

*National University of Civil Defense of Ukraine,
Kharkiv*

In the study was obtained technical end ecological indicators of operation process of diesel engine D21A1 (2Ch10.5/12 in accordance with GOST 10150-2014) that operates of standardized steady testing cycle ESC (UNECE Regulations № 49) and also magnitudes of complex fuel and ecological criterion and its components. This data obtained by processing of results of motor bench tests in [1] an application of mathematical apparatus of complex fuel and ecological criterion of Prof. I.V. Parsadanov (NTU «KhPI») K_{fe} [2] and illustrated on Fig. 1 – 3.

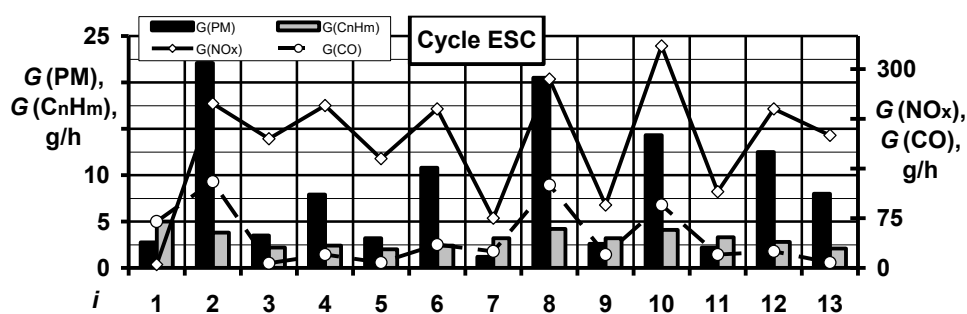


Figure 1 – Ecological indicators of 2Ch10.5/12 diesel engine

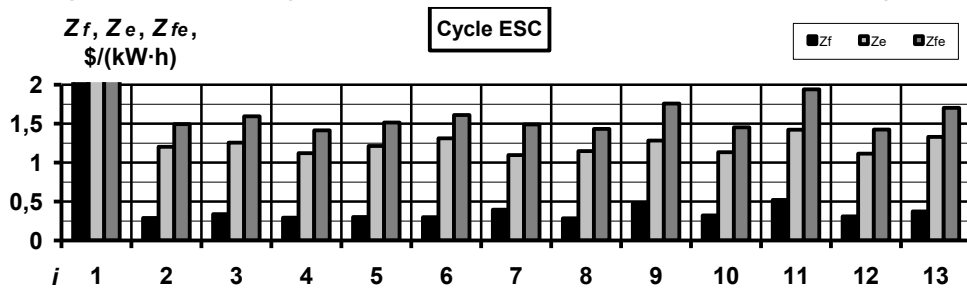


Figure 2 – Monetary components of criterion K_{fe}

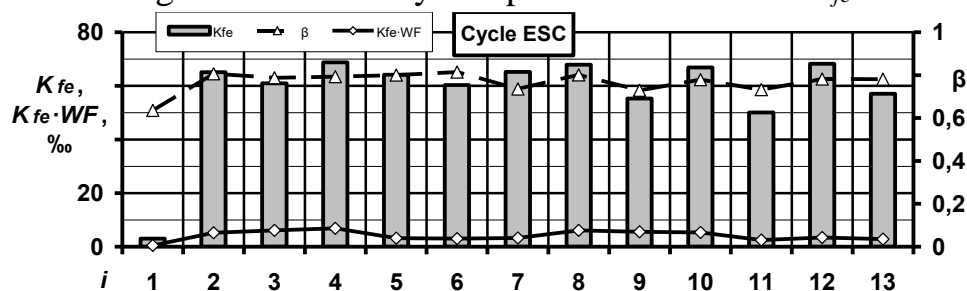


Figure 3 – Distribution of magnitudes of complex fuel and ecological criterion K_{fe}

References:

1. Kondratenko O.M. (2019). Metrological aspects of complex criteria-based assessment of ecological safety level of exploitation of reciprocating engines of power plants: Monograph. Kharkiv. Publ. Style-Izdat. 532 p. ISBN 978-617-7738-33-5.
2. Parsadanov I.V. (2003). Improving the quality and competitiveness of diesel engines based on complex fuel and ecological criteria: Monograph. Kharkiv. Publ. Center NTU "KhPI". 244 p. ISBN 966-593-319-1.

DETERMINATION OF SULFUR OXIDES EMISSIONS WITH DIESEL ENGINE EXHAUST GAS FLOW

Kondratenko O.M., Verzun V.V., Podolyako N.M.,

National University of Civil Defense of Ukraine,

Kharkiv

As is known from the analysis of studies of scientists who specialize in ensuring the ecological safety of exploitation process of power plants with reciprocating ICE, except for the legislative normalized directly indicators of its level – mass hourly emissions of particulate matter PM, nitrogen oxides NO_x , unburned hydrocarbons C_nH_m , carbon monoxide CO, exist also legislative regulated indirectly, among which the emission of sulfur oxides SO_x deserves special attention [1].

To account of such emissions in the criteria-based assessment using the mathematical apparatus of the complex fuel-ecological criterion K_{fe} , the value of mass hourly emission $G(\text{SO}_x)$ and dimensionless index of the relative aggressiveness of this pollutant $A(\text{SO}_x)$ should be determined. In [1] analyzed the composition of sulfur oxides in the structure of exhaust gas (EG) of an reciprocating ICE and found that they are on 94 % composed of SO_2 , for which $A(\text{SO}_x) = 22.0$. It has also been found that the sources of SO_x occurrence in the composition of EG of diesel engine are sulfur in engine fuels and engine oils, both in the free and in the chemical-bound form. Then the value of $G(\text{SO}_x)$ can be determined by the formula (1).

$$G(\text{SO}_x) = 2 \cdot G_{\text{fuel}} \cdot (C_{sf} + C_{of} \cdot C_{so}) / 100 = G_{\text{fuel}} \cdot k_{\text{SO}_2}, \text{ kg/h.} \quad (1)$$

where k_{SO_2} – coefficient that converts the fuel consumption value into the SO_2 emission value; G_{fuel} – mass hourly consumption of motor fuel, kg/h; C_{sf} – relative sulfur content of the motor fuel, % mass; C_{so} – relative sulfur content of engine oil, % mass; C_{of} – relative consumption of engine oil through burning, % mass.

Distribution of magnitude of $G(\text{SO}_x)$ by the regimes of the ESC standardized steady test cycle (UNECE Regulation No. 49) for 2Ch10.5/12 autotractor diesel and by the field of its operating regimes obtained in this study by the proposed method at $k_{\text{SO}_2} = 0.015$ is illustrated in Fig. 1.

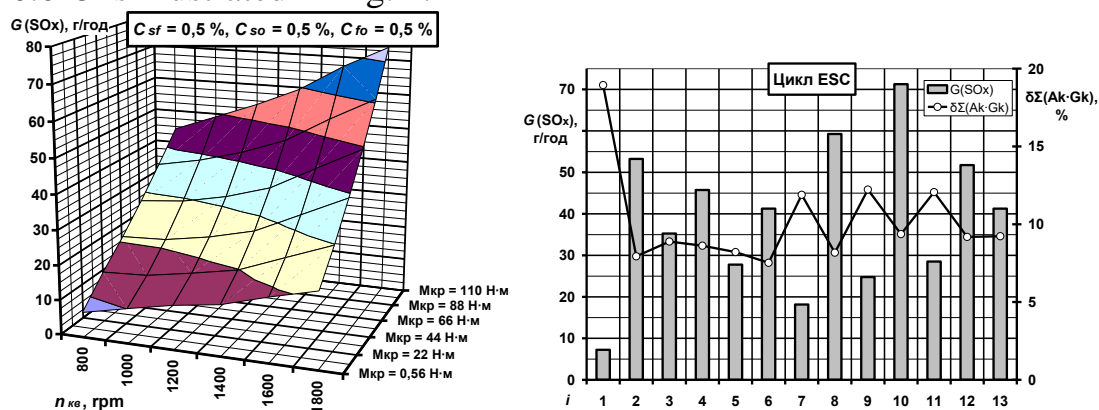


Fig. 1 – Results of the study

References:

1. Кондратенко О.М. Обґрунтування вибору раціональних одиниць вираження вартісних складових комплексного паливно-екологічного критерію / О.М. Кондратенко, С.А. Коваленко // Електронна збірка наукових праць «Е-КОНОМІКА». – 2019. – № 1(3)/2019. – С. 114-118.

MODERN APPROACHES TO SYNTHESIS AND SPEECH RECOGNITION

Konovalenko O.E.¹, Brusentsev V.A.²

¹National Technical University

«Kharkiv Polytechnic Institute»,

²Kharkiv State Academy of Culture,

Kharkiv

Attempts to teach computers to communicate with people using a natural voice interface have been made since the first years of the history of computer technology. In the course of many years of research, it was found that to solve the problem it is necessary to involve not only programmers, but also specialists in linguistics, radio engineers, mathematicians, biologists, and even psychologists.

Successes in the development of natural language technologies promise wide access to on-line information and electronic services. Since almost everyone speaks and understands speech, the development of natural language systems will allow a person without special skills to communicate with a computer at any time and anywhere without additional training, using devices such as a mobile phone, to access information or manage devices.

Unfortunately, despite the tremendous development of computer technology, today the problem of equipping a computer with a full-fledged, natural human voice interface is still far from complete.

Sounds of continuous speech contain a constantly changing spectrum of harmonic frequencies, as well as noise. The volume and pace of speech are also constantly changing. Moreover, the same phrase spoken by different people, or even by one person who is in different mental states, can have a different spectral-temporal color. This makes it very difficult to create universal recognition systems that "understand" the speech of different people.

As a rule, two fundamentally different approaches are used in existing systems: voice tag recognition and lexical element recognition. The first approach involves the recognition of fragments of speech from a pre-recorded pattern. When implementing the second approach, separate lexical elements – phonemes and allophones, which are then combined into syllables and morphemes.

In order to distinguish linguistic constructions from the digitized sound, various mathematical methods are used in combination with special computer equipment, such as, for example, hardware or software neural networks. Throughout the history of speech recognition systems, these methods have been constantly changing. At the same time, some methods died out due to their inefficiency, while others were developed and improved.

Despite a wide range of developments, the problem of speech synthesis is still considered to be solved only satisfactorily. There is still no common opinion which of the existing approaches gives the best results, which models of speech synthesis are the most promising. The study of speech synthesis systems has confirmed that deep neural networks and hidden Markov models using differential-style mathematical modeling give promising results.

АНАЛІЗ ПИТАННЯ, ТА ВЗАЄМОДІЯ СХЕМ ДІАГНОСТУВАННЯ ДВИГУНІВ МЕТОДАМИ НЕРОЗБІРНОГО КОНТРОЛЮ

Білик С.Ю., Рябець Ю.В., Сінческул О.Л.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,
м. Харків*

Одним з важливих заходів забезпечення і підтримки технічної надійності двигунів є поступовий перехід від планово-попереджувальної системи ремонту до технічного обслуговування за фактичним технічним станом. Система діагностування за фактичним станом передбачає виконання ремонтів по мірі необхідності, а не через регламентовані терміни які інколи не відповідають реальній потребі у ремонті і призводять або до непотрібного передчасного розбирання механізмів, або до масштабних ремонтних робіт, які можна було б попередити ліквідацією несправності ще до появи аварійно небезпечного пошкодження.

За даними Фленсбурського дослідного інституту, 56 % розібраних за плановим ремонтним строкам дизелів МАН були передчасними. Крім того, кожне розбирання та складання вузлів викликає штучний процес припрацювання, під час якого підвищується інтенсивність зносу деталей і, як наслідок, зменшує загальний ресурс двигуна.

Перехід до експлуатації двигунів за фактичним технічним станом можливий лише за наявності ефективних автоматизованих систем нерозбірного діагностування технічного стану, призначених для оцінки об'єкта, пошуку несправностей і визначення їх причин, прогнозування залишкового ресурсу і визначення термінів профілактичного ремонту без зайвого розбирання. Визначення технічного стану вузлів двигуна без його розбирання дозволить значно скоротити витрати на його ремонт, тому що вартість ремонту приблизно на 50 % складається з витрат на розбирання та складання.

Метою нерозбірного діагностування є визначення розрегулювання систем дизеля у процесі експлуатації та виявлення початкових ознак несправностей конструктивного та функціонального характеру.

Діагностування реалізують за принципом “від цілого до часткового”. Це означає, що перш ніж робити поглиблену, поелементну діагностику ДВЗ, необхідно визначити його загальний технічний стан за вихідними показниками (N_e , M_e , n , g_e , токсичність викидів, димність, рівні шумів та ін.).

Для реалізації комплексного підходу взаємодії схем діагностування двигунів методами нерозбірного контролю пропонується застосування газохроматографічного поділу компонентів ВГ, що реалізується з використанням багатоколоночної системи, найбільш ефективні з точки зору визначення кореляційних залежностей – прямі методи діагностування (серед яких наприклад, індиціювання робочого процесу у циліндрі дизеля) та непрямі методи діагностування.

РОЗРОБКА АЛГОРИТМУ БАГАТОПАРАМЕТРИЧНОЇ СИСТЕМИ ДІАГНОСТУВАННЯ ДИЗЕЛЯ НА БАЗІ МІКРОКОНТРОЛЕРА

**Борисенко А.М., Борисенко Є.А., Кондрашов С.І., Павлова Н.М.,
Сергієнко М.Є.**

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,
м. Харків*

У роботі пропонуються варіанти схем систем діагностування (СД) дизелів з наддувом і алгоритми їх роботи. Алгоритм функціонування СД ґрунтується на порівнянні поточних значень діагностичних параметрів (ДП) дизеля з еталонними при однакових режимах його роботи. Як ДП обрані показники, що дозволяють оцінювати технічний стан основних вузлів і агрегатів дизеля і володіють найбільшою інформативністю: температура випускних газів, положення рейки паливного насоса, частоти обертання колінчастого валу дизеля і ротора турбокомпресора, потужність силової установки, тиск наддувочного повітря і газів перед турбіною, температура наддувочного повітря і навколишнього середовища.

Режими роботи вибираються в залежності від конкретних умов випробувань або експлуатації. Зокрема, при бортовому діагностуванні дизеля доцільно оцінювати технічний стан його на тих режимах регульовальної характеристики (РГ), на яких він частіше працює. В процесі реостатних випробувань дизеля також доцільно проводити діагностування на режимах РХ. У цьому випадку алгоритм діагностування, еталонні значення параметрів та їх допуски можуть бути такими ж, як і при діагностуванні на борту машини. Якщо ж оцінюється технічний стан вузлів дизеля на швидкісних режимах РХ або при роботі агрегату по навантажувальним характеристикам, то еталонні значення і допуски необхідно належним чином коригувати.

Характеристики автоматизованих інформаційних систем контролю та управління (АІСКУ) в значній мірі визначають ефективність роботи дизеля, витрата палива і шкідливі викиди. Точність даних дизеля для АІСКУ істотно впливає на зазначені показники. Підвищення якості АІСКУ і вдосконалення методів їх контролю особливо в робочих режимах, коли є істотні навантаження, зміни температури і складу середовища актуально при відпрацюванні СД на базі мікроконтролера.

Використання методів зменшення динамічних складових похибок при тестуванні та вимірах дає можливість підвищити точність сигналу кожного вимірюваного каналу. Корекція похибки сигналу в динамічному режимі вимірювань зменшує витрати на забезпечення якісної роботи АІСКУ дизеля, час на оперативність прийняття рішень, а також дає можливість своєчасно планувати ремонтно-налагоджувальні роботи.

ОЦІНКА ПОТУЖНОСТІ ПРИВОДУ, ЩО НЕОБХІДНА ДЛЯ РОЗВОРОТУ НА МІСЦІ ІЗ ЗАДАНОЮ ІНТЕНСИВНІСТЮ ПЕРСПЕКТИВНОЇ ГУСЕНИЧНОЇ МАШИНИ

Волонцевич Д.О., Костяник І.В., Карпов В.О., Єфремова Г.І.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

Сучасні транспортні і військові гусеничні машини (ГМ), як правило, обладнуються механізмами повороту (МП) з можливістю плавної зміни радіуса повороту і можливістю розвороту на місці навколо центра ваги. Такі можливості мають ГМ з гідروоб'ємними механізмами повороту (ГОМП) і з електричними трансмісіями (ЕТ). Останні знаходять все більш широке поширення не тільки в цивільній, а й у військовій техніці. Це пов'язано з тим, що ЕТ для ГМ дозволяють забезпечити ряд переваг, зазначених в [1].

Найбільш важким режимом для МП ГМ є інтенсивний розворот на місці, швидкість якого за сучасними вимогами повинна досягати до $40^\circ/\text{с}$. Тому метою представленої роботи є дослідження залежності потужності МП перспективної ГМ вагою 21 тонна з можливістю розвороту на місці навколо центра ваги.

В роботі використані класичні положення теорії ГМ [2], які дозволили отримати наступний графік.

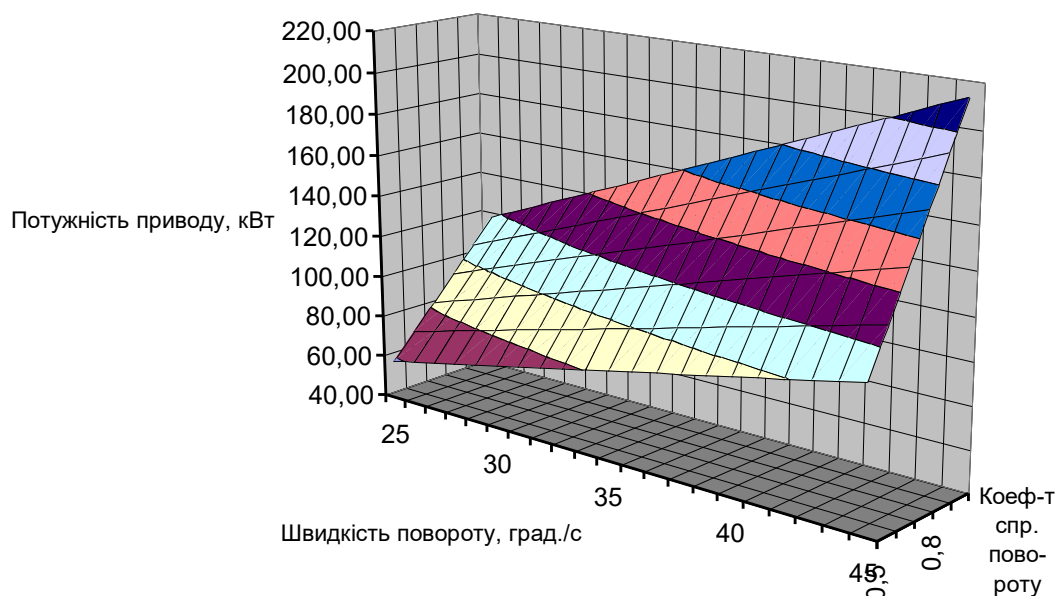


Рис. 1. Залежність потужності МП від швидкості і коефіцієнта опору повороту

Література:

1. Волонцевич Д.О., Веретенников Е.А., Костяник І.В., Яремченко А.С., Єфремова А.І., Карпов В.О. Выбор мощности электропривода легкобронированных гусеничных и колесных машин с использованием одно- или двухступенчатых механических редукторов. Електротехніка і електромеханіка. 2019, №1, С. 29–34.
2. Забавников Н.А. Основы теории транспортных гусеничных машин. Москва : Машиностроение, 1975. 448 с.

ВПЛИВ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПРОМІЖНИХ ШАРІВ НА КОНТАКТНУ ВЗАЄМОДІЮ ТІЛ ІЗ БЛИЗЬКИМИ (МАЙЖЕ СПІВПАДАЮЧИМИ) ПОВЕРХНЯМИ

Грабовський А. В., Васильєв А. Ю., Прокопенко М. В.,

Ткачук М. М., Саверська М. С., Ткачук М. А.

Національний технічний університет

«Харківський політехнічний інститут»,

м. Харків

Велика кількість елементів машинобудівних конструкцій виконується у вигляді деталей, які контактують за близькими (майже співпадаючими) поверхнями. У таких умовах стає важливим урахування внеску у характер контактної взаємодії деформування проміжних або поверхневих шарів. Це, наприклад, шорсткість поверхонь зубчастих коліс, роликів підшипників, поршнів та циліндрів двигунів внутрішнього згоряння, напівматриць прес-форм тощо. Задача може зводитися за допомогою методів варіаційних нерівностей або варіаційних принципів типу Калькера до проблеми мінімізації енергетичних функціоналів. При дискретизації цих задач застосовуються методи скінченних і граничних елементів.

Шляхом розв'язання низки тестових задач із варіюванням геометричної форми та властивостей проміжних або поверхневих шарів встановлено, що вони здійснюють згладжувальний вплив на розподіл контактного тиску. Контактні зони при цьому зростають, а рівень контактного тиску – знижується. Також слід відзначити, що такий вплив тим більш суттєвий, чим більшою мірою наближені номінальні поверхні контактуючих тіл (тобто у початковому недеформованому стані).

Так, різко змінюється характер розподілу контактного тиску та форма області контакту при варіюванні форми поверхонь напівматриць прес-форм або універсальних збірних пристосувань. Подібний ефект спостерігається також при зміні взаємного розташування циліндричних роликів порівняно із їхнім номінальним геометричним контактом уздовж спільної твірної (тобто коли осі циліндрів із паралельних стають мимобіжними).

У перелічених випадках характер контактної взаємодії різко змінюється. У той же час наявність податливого шару, як зазначалося, згладжує цей ефект. І чим вища податливість проміжного шару, тим вищим є цей згладжувальний ефект.

**КОНТАКТНА ВЗАЄМОДІЯ ЕЛЕМЕНТІВ КОНСТРУКЦІЙ ІЗ
УРАХУВАННЯМ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПРОМІЖНИХ ШАРІВ, ЯКІ
ЗАЛЕЖАТЬ ВІД ІСТОРІЇ НАВАНТАЖЕННЯ**

Грабовський А. В., Ткачук М. М., Ткачук М. А.,

Саверська М. С., Скріпченко Н. Б.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,
м. Харків*

Для широкого класу машинобудівних конструкцій важливим чинником є урахування залежності властивостей поверхневих або проміжних шарів між контактуючими тілами від історії навантаження. При цьому необхідно врахувати постановку задачі у припущеннях. Певні переваги мають у таких випадках варіаційні формулювання. На відміну від відомих постановок, вони формулюються або у припущеннях шуканого контактного тиску між тілами, або у припущеннях переміщень точок цих тіл. У цьому випадку маємо лінеаризовані моделі, а фізико-механічні властивості проміжних шарів стають функцією поточного стану напружено-деформованого стану контактуючих тіл, у першу чергу – проміжних шарів, а також – характеру навантажень на поточному кроці.

Покрокове розв'язання дає можливість визначати зміну контактних областей та розподілів контактного тиску при довільному заданому законі навантаження, у т.ч. – при багатоциклового його повторенні.

У ході тестових досліджень здійснено аналіз розподілу тиску та компонент напружено-деформованого стану досліджуваних об'єктів. Зокрема, визначено контакт кулі із тілом обертання, обмеженим торовидною складнопрофільною поверхнею.

Установлено, що протягом декількох перших циклів навантаження – розвантаження картини розподілу контактних зон та контактного тиску усталюються. Це за характером є аналогічним процесу циклічного навантаження тіл із пружно-пластичного матеріалу.

Разом із тим певну роль відіграє зміна форми розподілу зазору міжтілами внаслідок пластичного деформування тіл або проміжних шарів між ними.

Аналіз отриманих просторово-часових розподілів контактного тиску та напружень у тілах та проміжних шарах дає основу для визначення раціональних властивостей матеріалів цих тіл та проміжних шарів, форми контактуючих поверхонь та рекомендованих рівнів навантаження у процесі експлуатації подібного типу конструкцій.

Реалізовано декілька різних постановок у рамках створеної моделі. По-перше, розглянуто пружну поведінку матеріалу контактуючих тіл при пружно-пластичному матеріалі проміжного шару. По-друге, проаналізовано систему тіл та шарів, матеріали яких працюють за пружно-пластичним деформуванням. По-третє, досліджено таку ж систему тіл, але з різними механічними властивостями тіл та проміжних шарів. Установлені характерні особливості еволюції розподілів контактного тиску у перелічених випадках.

МАТЕМАТИЧНІ І АЛГОРИТМІЧНІ ПРОБЛЕМИ ОПТИМІЗАЦІЇ ПАРАМЕТРІВ МЕХАНІЗМІВ

Зінченко О.І., Прокопенко М.В.

*Національний технічний інститут
«Харківський політехнічний інститут»,
м. Харків*

Ідеологія комплексної оптимізації параметрів кінематичних схем механізмів має на увазі багатократне рішення задач оптимізації параметрів окремих механізмів. Системний підхід до проектування висуває ряд вимог, основними з яких є мінімізація об'єму обчислювань при оптимізації параметрів окремого механізму і універсальність алгоритмів, яка впливає із необхідності скорочення затрат часу на роботи, зв'язані з підготовкою програм для персональних комп'ютерів. Найбільше вимогам системного підходу задовольняє змішаний алгоритм мінімізації цільової функції, який спирається на дослідження простору параметрів за допомогою ЛП_т- послідовностей з наступною мінімізацією направленими методами, які не потребують обчислення частинних похідних цільової функції і функцій обмежень.

При оптимізації параметрів механізмів об'єм обчислювань залежить від розміру вектора варійованих параметрів, прийнятих критеріїв оптимізації, кількості обмежень на проектування і методів обчислювання критеріїв, які, в свою чергу, залежать від алгоритмів кінематичного і динамічного аналізу механізмів. Творчий підхід до постановки задачі майже завжди дозволяє відмовитися від деяких традиційних критеріїв оптимізації. Наприклад, при мінімізації максимальних контактних напружень у вищій парі кулачкового механізму зайвими є обмеження на величини максимального кута тиску і мінімального радіусу кривизни випуклої ділянки профілю кулачка. При оптимізації параметрів важільних механізмів можна відмовитися від обмежень на заданий хід повзуна веденої ланки. Для цього можна використовувати методи синтезу механізмів по крайнім положенням.

Одним із ефективних способів зменшення об'єму обчислювань є застосування методів декомпозиції. Ідеї цих методів покладені в основу алгоритму комплексної оптимізації: розв'язання глобальної задачі оптимізації здійснюється за допомогою ітераційного процесу, кожний крок якого представляє собою розв'язання оптимізаційної задачі меншого розміру (оптимізація параметрів окремого механізму). Методи декомпозиції виявилися ефективними і при синтезі кулачково-важільних механізмів, і при синтезі регульованих важільних механізмів. Доведено, що застосування цих ідей дозволило ефективно розв'язувати методами нелінійного програмування такі мінімаксні задачі, як спільна оптимізація параметрів законів руху і геометричних параметрів кулачково-важільних механізмів із умови мінімізації максимальних контактних напружень у вищій парі. Рішення ряду задач можна спростити шляхом заміни мінімаксних обмежень системою лінійних нерівностей.

ОПТИМІЗАЦІЯ ПАРАМЕТРІВ УПРАВЛІННЯ АСИНХРОННИХ ТЯГОВИХ ДВИГУНІВ В ПРОЦЕСІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

¹Любарський Б.Г., ²Зубенко Д.Ю., ²Петренко О.М.

**¹Національний технічний університет «Харківський політехнічний
інститут»,**

**²Харківський національний університет міського господарства ім.
О.М. Бекетова, м. Харків**

В процесі експлуатації транспортних засобів міського електричного транспорту тягові двигуни проходять капітальні ремонти. При їх проведенні параметри тягових двигунів істотно змінюються в зв'язку з впливом технологічних процесів на параметри активних матеріалів магнітопроводу та застосуванням технологічних процесів, що відрізняються від аналогічних на підприємствах виробних обладнання. В процесі ремонтів можливо проведення додаткових модернізацій з застосуванням більш перспективних матеріалів.

Сучасний рухомий склад міського електротранспорту зараз створюється на основі тягового асинхронного тягового приводу. Особливістю конструкції такого приводу є можливість регулювання параметрів за рахунок зміни налаштувань системи управління приводом. Режим руху міського транспорту обумовлює режими роботи тягового приводу з постійними прискореннями та гальмуваннями, а також живлення постійним струмом при нульовій швидкості. Такі режими можуть привести до значного збільшення втрат у тяговому двигуні та його значного нагріву.

Тягові двигуни, які пройшли капітальний ремонт, можуть значно відрізнятися характером втрат в конструкції та можливістю їх відведення системою охолодження.

В роботі [1] запропоновано розробити систему діагностування теплових процесів в тягових двигунах на основі нейронних мереж. Створений алгоритм дозволяє ідентифікувати параметри теплової схеми заміщення. Діагностика виконується на основі системного аналізу та структурної оптимізації ієрархічних рівнів з використанням принципу мінімальної складності, а також реалізації запропонованих підходів при побудові інтелектуальних систем діагностики теплового стану.

Для визначення оптимальних режимів роботи запропоновано вирішити задачу умовної оптимізації параметрів асинхронного тягового приводу з урахуванням обмежень теплових навантажень для конкретного типу рухомого складу електротранспорту на підставі підходів, які визначено в роботі [2].

Література:

1. Зубенко О.Ю. Диагностика асинхронного электродвигателя тепловизором с использованием нейронных сетей / О.Ю. Зубенко, А.Н. Петренко / Вісник хмельницького національного університету. Технічні науки. 2019. – №4, С.192 - 194
2. Liubarskyi B. Optimization of thermal modes and cooling systems of the induction traction engines of trams / B. Liubarskyi, A. Petrenko, D. Iakunin, O. Dubinina // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies and computer systems Engineering technological systems. – 2017. – №3/9(87).2017. – P. 59-67.

МОДЕЛЮВАННЯ ІНВЕРСНОЇ КІНЕМАТИКИ РОБОТА-МАНІПУЛЯТОРА З ВИКОРИСТАННЯМ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ

Істомін О.Є., Тютюма С.О.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,
м. Харків*

З появою колаборативних роботів в кінці 20-го століття, першість їх розвитку та виробництва займають такі великі компанії, як ABB, Kuka, Fanuc і ін. Вартість роботів є серйозним обмежувачем в їх розповсюдженні для використання в виробничому процесі середнього і в деяких випадках малого бізнесу. Одним із варіантів рішення проблеми є спроба створення робота-

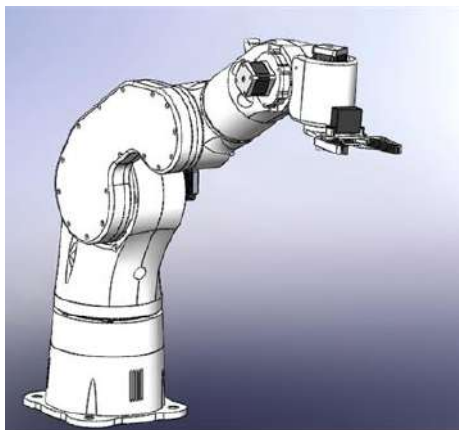


Рисунок 1 – Тривимірна модель робота-маніпулятора

маніпулятора з шістьма ступенями свободи з виготовленням його частин на 3D-принтері (рис. 1).

Однією з головних задач, яку треба вирішити, для керування положенням робочого інструменту є задача створення моделі прямої та інверсної кінематики робота. Для опису геометрії робота-маніпулятора використовують так звану кінематичну схему, яка описується в вигляді параметрів Денавіта-Хартенберга [1].

Пряма задача кінематики полягає в розрахунку положення та орієнтації системи координат, пов'язаної з робочим інструментом, при заданому наборі узагальнених параметрів маніпулятора. Інверсна кінематика полягає в розрахунку набору узагальнених кутів маніпулятора при заданих координатах положення і орієнтації кінцевої системи координат, пов'язаної з робочим інструментом.

У роботі розглядається задача побудови моделі інверсної кінематики маніпулятора у вигляді штучної нейронної мережі (ШНМ), яка приймає у якості входних параметрів координати положення інструменту, а на виході – кути положення зчленувань маніпулятора. Для використання ШНМ необхідно вирішити дві задачі: обрати архітектуру нейронної мережі та створити оптимальний набір тренувальних даних для навчання ШНМ. Набір тренувальних даних був створений з використанням розрахунку бажаних робочих положень маніпулятора по моделі прямої кінематики. В якості архітектури ШНМ була обрана тришарова мережа зі схемою 6-20-6 [2].

Таким чином, робота присвячена створенню моделі інверсної кінематики робота-маніпулятора з шістьма ступенями свободи на основі навченої штучної нейронної мережі.

Література:

1. P. I. Corke, Robotics, Vision & Control: Fundamental Algorithms in MATLAB / P. I. Corke // Springer. – 2011. – P. 241. 2. Koker R., Develop a genetic algorithm approach to a neural-network-based inverse kinematics solution of robotic manipulators based on error minimization / Koker R. // Information Sciences. – 2013. – P. 528–543.

ПІДХІД ФОРМАЛІЗОВАНОГО ОПИСАННЯ СТРУКТУРНО-ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ БУДОВИ ТЕПЛОВОЗА

¹Іванченко Д.А., ²Іванченко К.В.

¹*Український державний університет залізничного транспорту,*

²*Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

Для формалізованого описання структурно-функціональної будови тепловоза слід визначити його основні параметри. До основних параметрів і характеристик тепловозів слід віднести ті, що істотно впливають на показники продуктивності, економічності, надійності, екологічності та ергономіки локомотивів. Крім того, виділяються параметри, що характеризують особливості технічних рішень конструкції локомотивів.

Для класифікації параметрів вибираємо наступні критерії:

- природа робочих процесів, які характеризуються параметрами;
- вузол тепловоза, до якого належить параметр;
- належність до показників, які характеризуються параметрами.

За природою робочих процесів параметри відносяться до наступних підмножин: механічні, електричні, теплові, гідравлічні, пневматичні, оптичні, акустичні. Для визначення належності параметрів до конкретних вузлів тепловозів, був проведений аналіз конструкції маневрового тепловозу і складена його блочно-ієрархічний модель. До верхнього розділу моделі включені наступні блоки: екіпажна частина; передача потужності; енергетична установка; допоміжне обладнання; автогальма; система керування, контролю та сигналізації; протипожежна система. Блочно-ієрархічна модель відноситься до двох координатної. Якщо попередній ряд відносити до осі абсцис, то ось ординат, наприклад для передачі потужності маневрового тепловоза буде наступною: тяговий генератор, магнітна система, магнітний полюс, обмотка, провід. Як видно, для даного випадку п'ятикратна форма аналізу від рівня вузла передача потужності до рівня деталі – провід. Доцільно для приймальних випробувань враховувати параметри першого та другого рівнів блочно-ієрархічної моделі.

Локомотив є складною технічною системою, яку можливо представити через три ієрархічні рівні. В теорії конструкції локомотивів традиційно склалася наступна схема представлення його основних збірних одиниць, агрегатів та систем, які відображають його перший рівень: екіпаж, силова установка, передача потужності, допоміжне обладнання. Другий ієрархічний рівень представлений механічними, електричними, гідравлічними, пневматичними вузлами: колісні пари, візки, зубчаті передачі, редуктори, двигуни внутрішнього згорання, електродвигуни, електроапарати, генератори, компресори, муфти, насоси, вентилятори та інше. До третього рівня належать елементи різного призначення, якими укомплектовані вище перелічені вузли. В основному це різні види з'єднань, трубопроводів, корпусів, кронштейнів, валів, підшипників, гумовотехнічних, радіо-електричних та інших виробів.

РЕЗУЛЬТАТИ АПРОБАЦІЇ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ТЯГОВО-ДИНАМІЧНИХ ВИПРОБУВАНЬ КОЛІСНОГО ТРАКТОРА ЗА ПОЛЬОВИМИ ЦИКЛАМИ POWERMIX

Кальченко Б.І., Ребров О.Ю.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,
м. Харків*

Для оцінки паливної економічності сільськогосподарських колісних тракторів провідними закордонними інженерами та дослідниками проводяться тягово-динамічні випробування за процедурою PowerMix, яка передбачає 12 базових польових випробувальних циклів. Цикли PowerMix імітують змінне в часі навантаження трактора при реалізації його потужності в тяговому режимі (4 цикли: Z1P, Z2P, Z1G, Z2G), в тягово-приводному режимі з відбором потужності через ВВП (6 циклів: Z3M, Z4M, Z5M, Z3K, Z4K, Z5K) і в тягово-приводному режимі з відбором потужності через ВВП і гідравлічну систему трактора (2 цикли: Z6MS, Z7PR).

Для оцінки ефективності колісних тракторів в процесі виконання комплексу сільськогосподарських операцій розроблена математична модель імітаційних тягово-динамічних випробувань за польовими циклами PowerMix, яка включає наступні складові. Модель зовнішньої та часткових швидкісних характеристик двигуна з урахуванням положення органу керування подачею палива, модель витрати палива у вигляді універсальної характеристики, апроксимованої за результатами експериментальних даних сплайном і поліномом з наступним корегуванням на часткових режимах за допомогою функції щільності ймовірності двомірного нормального закону розподілу випадкових величин. Також розроблена динамічна модель трансмісії з урахуванням розподілу потужності по ведучим мостам, модель тракторної шини і її взаємодії з ґрунтом, моделі навантаження трактора за польовими циклами PowerMix.

Оскільки протоколи випробувань за процедурою PowerMix містять інформацію саме про передану на корисне споживання потужність, то ними можна скористатися також для визначення та ідентифікації тягових показників трактора не на бетонному треку, а на сільськогосподарському фоні, що було зроблено в рамках даної роботи.

Порівняння результатів імітаційного моделювання економічності трактора при навантаженні за польовими циклами PowerMix показав задовільну збіжність теоретичних та експериментальних даних. Максимальна розбіжність середніх за цикл випробувань показників становить: частоти обертання колінчастого валу (-2,3...+0,4)%; швидкості руху трактора (-13,9...+0,7)%; переданої потужності (-5,6...+7,0)%; погодинної витрати палива (-6,2...+5,7)%; питомої витрати палива (-5,3...+2,8)%.

В подальшому планується оцінювати ефективність колісних тракторів з урахуванням вагових коефіцієнтів, отриманих згідно розподілу річної зайнятості на типових операціях, що відповідають польовим циклам PowerMix.

РОЗРОБКА ТРИВИМІРНОГО РЕКЛАМНОГО ВІДЕО

Коваленко М.С., Глібко О. А.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,
м. Харків*

Метою роботи було створення рекламного демонстраційного відеоролику з інтер'єром магазину спортивного одягу. При розробці вирішувалися наступні задачі: створення сюжету відео; створення моделі приміщення та об'єктів; текстурування сцени та її елементів; додавання та розташування джерел освітлення; побудова траєкторії пересування камери; здійснення візуалізації.

Тривимірна модель приміщення та моделі елементів інтер'єру були побудовані в програмному середовищі 3dsMax 2017. Візуалізація отриманої сцени реалізована за допомогою рендерного движку V-Ray. Монтаж відео та додавання музики здійснено засобами програмного забезпечення Adobe After Effects.

Сюжет відео досить простий: Під ритмічну музику глядач має можливість докладного огляду інтер'єру магазину. Ролик привертає увагу звичайних користувачів, які можуть бути зацікавлені купівлею товарів у цьому магазині. Саме тому, ролик використовує сучасну музику для залучення широкої та різноманітної цільової аудиторії.

Відео показує як виглядає інтер'єр магазину, тому його можна використовувати не тільки для залучення потенційних покупців, но і при проектуванні реального об'єкту та узгодженні проекту із замовником.

Крім того, ролик може бути розповсюдженим в соціальних мережах, розміщеним на сайті компанії або на великих рекламних носіях у міському середовищі. Кадр з ролику наведено на рисунку 1.



Рисунок 1. Візуалізація тривимірної сцени

В результаті роботи було отримане коротке та досить динамічне відео, яке знайомить потенційного клієнта з інтер'єром та асортиментом магазину, а також приваблює його та спонукає до придбання відповідної продукції.

КОНЦЕПЦІЯ ЗНИЖЕННЯ ДІЇ ЗБУРЮВАЛЬНИХ СИЛ НА КОЛІСНИЙ ТРАКТОР З АГРЕГАТАМИ ЗМІННОЇ МАСИ

Кожушко А.П.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

Сьогодні при проектуванні колісної тракторної техніки намагаються задовольнити вимоги, що ставляться, як при виконанні тягової роботи, так і при транспортній. Задовольняючи при цьому вимоги експлуатаційних та ергономічних параметрів, показників надійності та безпеки руху, тощо. В фермерських угіддях частка транспортних робіт може досягати понад 50%, така частка зумовлює до поглибленого дослідження транспортної роботи. Транспортна робота колісних тракторів складається з перевезення твердих (агрегати незмінної маси) та рідких (агрегати змінної маси) вантажів. Транспортування агрегатів змінної маси (тракторних цистерн) за рахунок створення додаткових збурювальних сил, що діють в повздовжній, повздовжньо-кутовій, вертикальній площинах, спричиняє: зниження експлуатаційних показників та комфортабельності транспортного засобу, підвищує небезпеку дорожнього руху, тощо.

Великий збурювальний ефект на колісний трактор призводять вільні (власні) та вимушені коливання транспортного засобу, особливо при перевезенні агрегатів змінної маси. Доцільно розглядати вільні та вимушені коливання в контексті оцінки плавності ходу та динамічної навантаженості на ходові системи трактора та агрегату змінної маси.

В багатьох науково-метричних матеріалах питання зниження дії збурювальних коливань забезпечується за рахунок впровадження пневматичних та/або гідравлічних систем підресорювання переднього моста, кабіни та сидіння трактора. Але жодним чином не досліджується система підресорювання агрегатів змінної маси, тобто тракторних цистерн, які на відміну від автомобільних, позбавлені внутрішніх перегородок, що призводить до впливу коливань рідини на рух колісного трактора (особливо при перевезенні напівпричіпних цистерн). Більшість підвісок тракторних агрегатів оснащується ресорною системою, яка має низьку демпфірувальну характеристику, тому оснащення підвіски додатковими амортизаційними засобами надасть зменшення дії коливань. Великого значення також необхідно приділити баластуванню колісного трактора. Як відомо, колісний трактор має два види розподілення ваги по осям: 4K4a (40/60 %: Claas AXION 900, New Holland T6080) та 4K4b (59/41 %: XT3-240K, New Holland T 9020, John Deere 9330). Тому транспортування напівпричіпного агрегату змінної маси, який довантажує задню вісь трактора, з трактором різної колісної формули може надавати різну коливальну дію.

На подальшу перспективу досліджень постає формування оптимізаційної задачі, яка б надавала раціональні значення характеристик систем підресорювання (в контексті плавності ходу, стійкості, керованості) трактора та агрегатів змінної маси і при цьому задовольняла тягові характеристики.

ОБҐРУНТУВАННЯ НЕОБХІДНОСТІ СТВОРЕННЯ ТА ВИРОБНИЦТВА ЕЛЕКТРОТРАКТОРІВ В УКРАЇНІ

Краснокутський В.М., Ткачов В.Ю.

***Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,
м. Харків***

Фермерське господарство, тваринницькі ферми, теплиці, внутрішньо-заводські приміщення, склади, аеропорти та сфера ЖКГ мають потребу в техніці, по-перше, у якій відсутні викиди вихлопних газів та яка працює із мінімальним шумом, а по-друге, має високий ККД використання енергії та дешеву заправку. Все це можливо досягти якщо використовувати електричний двигун.

Так як найбільш перспективним, як практично єдине рішення проблеми забруднення атмосфери, вважається техніка на електротязі, то розглянуте питання присвячене вивченню впливу на природне навколишнє середовище, дослідженню доцільності і ефективності застосування електродвигуна на тракторах 0,6 тягового класу замість дизельного.

Трактор на електротязі може забезпечити як плавне рушення, під'їзд, так і плавний розгін трактора. Простіший ремонт дає можливість заощадити на паливі, адже відмова від дефіцитних та дорожочінних енергоносіїв на базі вуглеводнів є економічно ефективним.

Переваги електротрактора ґрунтуються не тільки на виключній ефективності, але і на можливості використання його в господарстві з виробництва відновлювальних джерел енергії, де є можливість заряджатися від цієї ж енергії. Можливість установки і використання на фермах сонячних електростанцій зводить до нуля вартість заправки. Також використання акумуляторів дозволяє підтримувати автономність сільського господарства (служить резервним джерелом живлення) і покращувати мережеву інтеграцію відновлюваної енергетики в Україні (ВДЕ).

До недоліків можна віднести, все так само високу вартість батареї. Деякі виробники дають гарантію на 10 і більше років, але з великою ймовірністю вони не допрацюють, адже система роботи, цикли зарядки і розрядки акумуляторів на даний час не оптимізована та тільки розвивається. Тому потрібно розглядати легку заміну акумуляторів, а вартість впаде, так як попит тільки буде збільшуватися.

Аналізуючи вище сказане, можна зробити висновок, що електричні двигуни невдовзі стануть нормою для будь-яких транспортних засобів, а в перспективному найближчому майбутньому у розвитку безпілотних транспортних засобів під дистанційним контролем оператора електротяга тільки спростить цей концепт та збереже навколишнє середовище.

ОПТИМІЗАЦІЯ ДІЯЛЬНОСТІ АВТОТРАНСПОРТНИХ ПІДПРИЄМСТВ ЗА РАХУНОК ВИКОРИСТАННЯ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ УПРАВЛІННЯ ЗАПАСАМИ

Крюкова Т.О.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

В умовах мінливості зовнішнього середовища підприємств автомобільного транспорту, яке характеризується невизначеністю попиту, доцільною є реалізація нових методів і моделей у вигляді сучасних інформаційних технологій, що мають практичну корисність.

В роботі проаналізовані відомі критерії рішення задачі управління багатономенклатурними запасами на автотранспортних підприємствах. Запропонований новий критерій оптимізації цієї задачі. Математично здійснена постановка задачі керування багатономенклатурним запасом, показані методи визначення раціонального розміру запасу, розглянуті варіанти обмежень на обсяг складу, на капітал і за умовами зберігання.

Показано, що номенклатурні групи матеріального потоку доцільно розділити на три групи: загальна група товарів, що не вимагає спеціальних умов зберігання, паливно-мастильні матеріали, що потребують зберігання в окремих приміщеннях з підвищеними вимогами безпеки, і автомобільні шини, які по інструкції повинні знаходитися в приміщеннях із спеціальним температурним режимом. Представлено математичну модель критерію середнього чистого прибутку, який визначено як різницю між середнім очікуваним доходом від реалізації запасу і витратами на зберігання.

$$\begin{aligned}
 L(x) = & (\beta - c) \int_0^x \theta f(\theta) d\theta + (\beta - c)x \int_x^\infty f(\theta) d\theta - \\
 & - \alpha_1 \gamma x \int_0^{\gamma x} f(\theta) d\theta + \alpha_1 \int_0^{\gamma x} \theta f(\theta) d\theta - \alpha_2 (1 - \gamma)x \int_0^{\gamma x} f(\theta) d\theta - \\
 & - \alpha_2 x \int_0^x f(\theta) d\theta + \alpha_2 x \int_0^{\gamma x} f(\theta) d\theta + \alpha_2 \int_0^x \theta f(\theta) d\theta - \\
 & - \alpha_2 \int_0^{\gamma x} \theta f(\theta) d\theta - (\beta - c) \int_x^\infty \theta f(\theta) d\theta + (\beta - c)x \int_x^\infty f(\theta) d\theta \rightarrow \max.
 \end{aligned} \tag{1}$$

де β – ціна продажу одиниці товару, c – ціна закупівлі одиниці товару, $\theta > 0$ – тижневий попит на товар, $f(\theta)$ – щільність розподілу попиту, $x > 0$ – загальний рівень запасу, γ – доля товару, який розміщується в торговельному залі, α_1 – витрати на зберігання одиниці товару в торговельному залі, α_2 – витрати на зберігання одиниці товару на складі.

Критерій відрізняється від традиційного тим, що враховує розподіл товарів основної групи між складами компанії та максимізує середній прибуток, деталізуючи витрати на зберігання товарів.

Література:

1. Миротин Л.Б., Лебедев Е.А. Логистика в автомобильном транспорте. Москва, 2015. 240 с.
2. Тюріна Н.А. Логистика - Навчальний посібник. Київ, 2019р. 392 с.
3. Радионов А.Р., Радионов Р.А. Логистика: Нормирование сбытовых запасов и оборотных средств предприятия. Москва, 2002. 420 с.

ПОЛІПШЕННЯ ДИНАМІЧНИХ ЯКОСТЕЙ ВІЗКІВ ЗАЛІЗНИЧНИХ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

¹Маслієв В.Г., ²Ялова І.В.

¹Національний технічний університет

«Харківський політехнічний інститут»,

**²Український державний університет залізничного транспорту
м. Харків**

Досвід залізниць Японії, Німеччини, Франції, та ін. держав доводить доцільність застосування пневматичного ресорного підвішування на транспортних засобах, зокрема тому, що воно підвищує комфорт для пасажирів та зменшує динамічний вплив їх на колію. Це обумовлено тим, що пневматичні ресори зменшують інерційні сили (динамічний вплив) на колію. Зараз це особливо важливо, бо колія створювалася для значно менших статичних та динамічних навантажень. Пневморесори забезпечують захист пасажирів та екіпаж від шуму та вібрацій, які виникають при котінні коліс. Застосування пневматичного ресорного підвішування є перспективним напрямком підвищення технічного рівня транспортних засобів – без створення нових, швидкісних рейкових колій, спеціально для пасажирських перевезень, вартість побудови одного кілометра яких зіставна з вартістю швидкісного поїзда.

Тож, такий підхід неприйнятний для України за сучасних економічних умов. Пневматичне ресорне підвішування поволі впроваджується на поїздах Укрзалізниці. Прикладом тому є візок моделі 68-7071, який було обладнано пневморесорами, виробництва заводу Contitech (Германія). Його успішно випробувано під дослідним вагоном моделі 61-788Б і рекомендовано до створення дослідної партії на 20 вагонокомплектів.

У цього візка для розсіювання енергії коливань використано гідравлічні гасники, які встановлено паралельно до пневматичних ресор, що ускладнює підвіску та зменшує її надійність.

Фахівці недостатньо уваги приділяють залученню пневматичного ресорного підвішування до реалізації ефективного демпфірування коливань транспортних засобів.

Теоретичні дослідження, що виконано нами останнім часом, дозволили розробити пневморесору спеціальної конструкції (Патенти України 113641), та обґрунтувати і експериментально перевірити можливість залучення пневморесор до ефективного демпфірування коливань кузова транспортного засобу. Дослідження довели, що середній коефіцієнт демпфірування пневморесори запропонованої конструкції досягає 0,28, що відповідає рекомендованому значенню для транспортних засобів. Це дозволяє виключити з конструкції візка моделі 61-788Б гідравлічні гасителі вертикальних коливань центрального ступеня підвіски. Рекомендовано розглядати дану пневморесору як варіант для імпорто-заміщення діафрагмової пневморесори для візка моделі 68-7071.

РОЗРОБКА МЕТОДІВ АНАЛІЗУ МУЛЬТИФІЗИЧНИХ ПРОЦЕСІВ У НАВАНТАЖЕНИХ КОНСТРУКЦІЯХ ТРАНСПОРТНИХ МАШИН

Назаренко С. О., Марусенко С. І., Ткачук М. А.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,
м. Харків*

Комплексне моделювання складних складених конструкцій транспортних машин, створення достовірної цифрової моделі прототипів і здійснення віртуальних випробувань, наближених до умов виробництва і експлуатації, інтеграція різноманітних наукових знань визначають потенціал створення досконалих комп'ютерних мультифізичних технологій [1, 2]. Багаторівневність, багатокомпонентність, багатостадійність та багатокритеріальність задач проектування і виробництва, виконання багатомодельних і багатоваріантних розрахунків навантажених конструкцій закономірно призвели до розробки та застосування математичних і комп'ютерних моделей, заснованих на закономірностях взаємозв'язку і взаємозалежності реальних фізичних процесів.

У роботі описані формалізовані на єдиній комплексній науково-методологічній базі комп'ютерні технології моделювання мультифізичних процесів у навантажених конструкціях транспортних машин. Розглянуті основні етапи аналізу за умови дії зовнішнього середовища і фізичних полів різної природи.

Головним компонентом аналізу мультифізичних проблем є побудова зв'язаних моделей. При моделюванні, найбільш повно наближеному до реальних умов роботи технологічних систем, була здійснена спроба інтегрувати різні за фізичною природою процеси до єдиної уніфікованої схеми з використанням повторюваних і налагоджених етапів.

Мультифізичне моделювання конструкцій і технологічних систем може бути багатопрофільним ("Multifield"), багатодоменим ("Multidomain") і/або багатомасштабним ("Multiscale"). Розробка мультипольових теорій заснована на законах збереження маси, імпульсу, моменту імпульсу і енергії; функції термодинамічного потенціалу, яка неявно включає рівняння, що визначають змінні стани поля, доктринах ентропії тощо. Розроблені методики дали можливість розв'язати цілу низку практичних задач проектування, доведення, технологічної підготовки виробництва і контролю ефективної експлуатації конструкцій транспортних машин.

Література:

1. Назаренко С. А. Математические модели элементов машин при воздействии физических полей и внешней среды / С. А. Назаренко, Э. А. Симсон // Механика и машиностроение. – 2009. – № 1. – С. 69–77.
2. Назаренко С. А. Многодисциплинарный анализ чувствительности для исследования жизненного цикла изделия / С. А. Назаренко // Физические и компьютерные технологии : тр. 11-й Междунар. научно-технической конф. — Харьков, 2005. — С. 29–34.

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ПОХИБОК МОНТАЖУ НА НАВАНТАЖУВАЛЬНУ ЗДАТНІСТЬ ПРЯМОЗУБИХ ПЕРЕДАЧ З ЕВОЛЮТНИМ ЗАЧЕПЛЕННЯМ

Протасов Р. В.¹, Устиненко О. В.², Бондаренко О. В.², Сєриков В. І.²

¹ *Словацький технічний університет у Братиславі, м. Братислава,*

² *Національний технічний університет*

«Харківський політехнічний інститут», м. Харків

Одним з напрямків розвитку сучасного редукторобудування є зниження матеріаломісткості виробів. У закритих зубчастих приводах це можливо в першу чергу за рахунок корпусу редуктора. Однак під час зниження маси необхідно забезпечити жорсткість бобишок під підшипники валів зубчастих коліс в рамках допустимих значень.

Інша актуальна задача редукторобудування – це здешевлення собівартості виробництва шляхом оптимізації та можливого розширення полів допусків на виготовлення деталей, а також на точність монтажу елементів редуктора.

Евольвентні передачі, які широко використовуються в даний час, досить глибоко досліджені, в тому числі по регламентованим похибкам монтажу. Ці параметри можуть служити опорними при роботах з розробки нових і модернізації існуючих зубчастих редукторів.

Прямозубі передачі з еволютним зачепленням, що запропоновані А. І. Павловим, мають опукло-увігнутий контакт, який підвищує навантажувальну здатність. Але для цих передач не визначені допустимі параметри похибок монтажу.

У роботі розроблено методику моделювання двох типів похибок: міжосьової відстані та перекоосу осей зубчастих коліс.

Для дослідження використовувалися тривимірні твердотільні моделі сегментів зубчастих коліс. Було призначено попередній крок зміни величини похибки. У процесі розрахунку на кожному кроці аналізувалися контактні та згинні напруження.

Результатом аналізу є залежність величини контактних та згинних напружень від похибок монтажу – осьової та кутовий. Ці залежності дозволять оцінити ступінь чутливості еволютних передач до похибок у порівнянні з традиційною евольвентної передачею. Також отримані дані доцільно використовувати у процесі розрахунку та проектування редукторів з еволютним зачепленням.

ЗАСТОСУВАННЯ АСИНХРОННОГО ТЯГОВОГО ПРИВОДУ ПРИ МОДЕРНІЗАЦІЇ МАНЕВРОВИХ ТЕПЛОВОЗІВ

Рябов Є.С.¹, Єріцян Б.Х.¹, Шкрабов Є.В.²

¹Національний технічний університет

«Харківський політехнічний інститут», м. Харків

²Білоруський державний університет транспорту, м. Гомель

Скорочення витрат на виконання маневрової роботи безпосередньо пов'язане із застосуванням маневрових локомотивів з поліпшеними тягово-енергетичними характеристиками і показниками.

Збільшення тривалої сили тяги при одночасному забезпеченні високих енергетичних показників можливо при використанні електродвигунів змінного струму, зокрема, асинхронних.

На рис.1 наведено залежність ККД електропередачі і сили тяги тепловоза ЧМЕЗ від швидкості (суцільна лінія - серійний тепловоз, пунктирна - модернізований тепловоз з тяговим приводом на основі асинхронних електродвигунів).

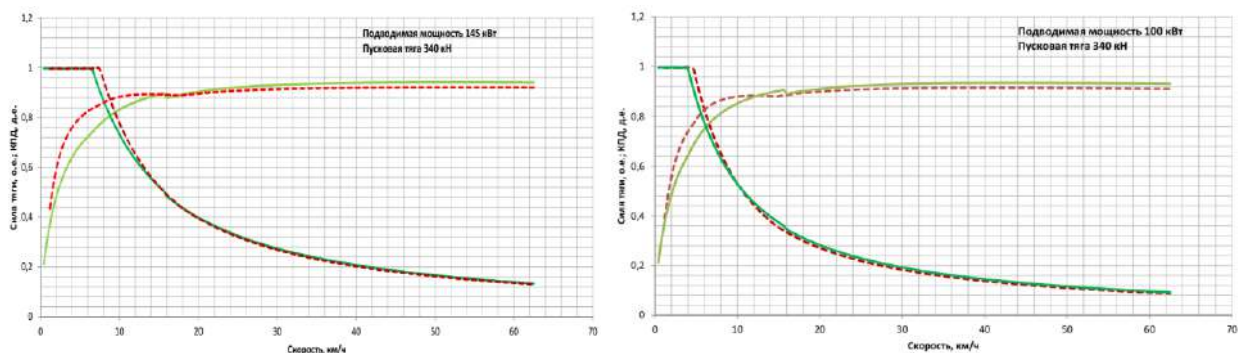


Рисунок 1

Як видно з рис.1, ККД електропередачі з асинхронними тяговими двигунами вище на величину до 17% в діапазоні швидкостей 5 ... 15 км/год, в якому лежить середня швидкість виконання маневрових операцій. При цьому тривала сила тяги при використанні асинхронних двигунів може бути підвищена на 20 ... 30%.

Таким чином, застосування асинхронних тягових двигунів забезпечує роботу електричної передачі потужності з високою енергоефективністю в найбільш частих експлуатаційних режимах роботи маневрового тепловоза і забезпечує підвищення тривалої сили тяги.

Література:

1. Скрежендевский В.В., Исследование работы маневрового тепловоза на станции / В. В. Скрежендевский, Е. В. Шкрабов, А. С. Савич // [Энергоэффективность и экологическая безопасность на транспорте, в промышленности и в строительстве: материалы Международной научно-практической конференции, \[15-16 декабря 2011 года\] / под общей редакцией А. Б. Невзоровой.](#) – Гомель: БелГУТ, 2011 – С. 81-83

РОЗРОБКА УНІВЕРСАЛЬНОГО МАШИНО-ТРАКТОРНОГО АГРЕГАТУ НА БАЗІ ТРАКТОРНОГО САМОХІДНОГО ШАСІ

Самородов В.Б., Краснокутський В.М., Мандрика В.Р.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,
м. Харків*

Якість роботи машино-тракторних агрегатів (МТА) знаходиться в безпосередній залежності від ступеня стійкості їх руху. Так прямолінійність руху робочого органу культиватора. Що виходить за межі прямолінійності, призводить до появи порушень та перекриттів оброблюваних поверхонь, а при культивації просапних культур – і до часткового знищення рослин. До аналогічних наслідків може призводити нестійкий рух при роботі сіялок, плугів та інш.

Процеси, що виникають під час руху тракторного самохідного шасі (ТСШ) в агрегуванні з передньою навіскою, міжвісьовими чи задніми навісними машинами характеризуються складними залежностями, які отримуються аналітично або експериментально.

При виконанні теоретичних досліджень використовують відомі математичні моделі машино-тракторних агрегатів, що дозволяють з деяким наближенням вирішувати поставлені завдання. Детальний математичний опис роботи окремо з передньою підвіскою, окремо з міжвіською, окремо з задньою, або з усіма разом, наближений до дійсності, робить математичні моделі нелінійними з використанням як детермінованих так і імовірнісних характеристик. При цьому отримані рішення в детальному вигляді для таких математичних моделей без істотних спрощень є досить складними.

Дослідження підвищення ефективності МТА потребує визначення можливості реалізації необхідних зусиль під час виконання операцій з передньою навіскою.

Аналогічно є необхідність визначення таких зусиль для міжвіскої навіски. Для задньої навіски використовуються відомі розрахунки ТСШ. Всі ці зусилля, як правило, не є константами під час роботи МТА. Крім того необхідно визначити швидкість руху МТА на кожній окремій операції. Це дасть нам можливість перейти до визначення енергозатрат на всі вищезначені операції. Додатково необхідно визначити економічність МТА на кожній операції (універсальність застосування, зональність, витрату палива та інші).

Для знаходження всіх цих параметрів необхідно розробити динамічну модель МТА, що дасть змогу зробити економічні розрахунки для проектування ТСШ.

Дослідження стійкості руху МТА мають велике практичне значення як теоретична основа для раціонального та узгодженого вибору їх динамічних параметрів. Результати цих досліджень дозволять здійснювати доцільний вибір величин параметрів МТА у відповідності до заданих умов роботи – швидкості руху, опору робочих органів та ін.

ДО ПИТАННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ КОЛИВАНЬ ТРАКТОРА

Сергієнко М.Є.¹, Калінін П.М.², Жережон-Зайченко Ю.В.²

¹ Національний технічний університет

«Харківський політехнічний інститут»,

² *Національна академія Національної гвардії України,
м. Харків*

У конструкції трактора для підвищення плавності його ходу, забезпечення нормативних умов роботи оператора і зниження динамічних навантажень в трансмісії і системі підресорювання передбачають введення пружних і демпфуючих зв'язків між окремими ланками (масами) конструкції. При цьому основна увага приділяється зниженню вертикальних коливань.

Однак нерівномірність крутного моменту двигуна, рух трактора по нерівній поверхні, зміна радіуса кочення ведучого колеса, зміна сил опору руху трактора призводить до істотного збільшення нерівномірності взаємодії ведучих коліс з опорною поверхнею і, відповідно, до виникнення горизонтальних коливань, які передаються на озов трактора, на оператора і негативно впливають не тільки на організм людини, приводячи до швидкої його стомлюваності, але і на втому елементів конструкції трактора. Тому завдання зниження рівня горизонтальних коливань трактора і оператора є актуальною.

У роботі розглядаються питання побудови дискретної математичної моделі трактора з упрugo-демпфіруючими елементами, яка описує його вертикальні, поздовжні і кутові коливання (див. рис.).

У плоскій моделі трактора двигун 2, кабіна 3 мають одновісні (Z) упругодемпфіруючі зв'язки (УДЗ) з остовом 1 трактора. Ходові колеса 5 і 6 через двовісні (XZ) УДЗ пов'язані з поверхнею ґрунту, що має нерівності q_5 і q_6 . Моменти M_5 і M_6 опору руху залежать від параметрів шин і змін радіусів коліс, а також характеристик ґрунту. Маса 5 має двовісну (XZ) УДЗ, а маса 6 одновісну (X) УДЗ з остовом трактора.

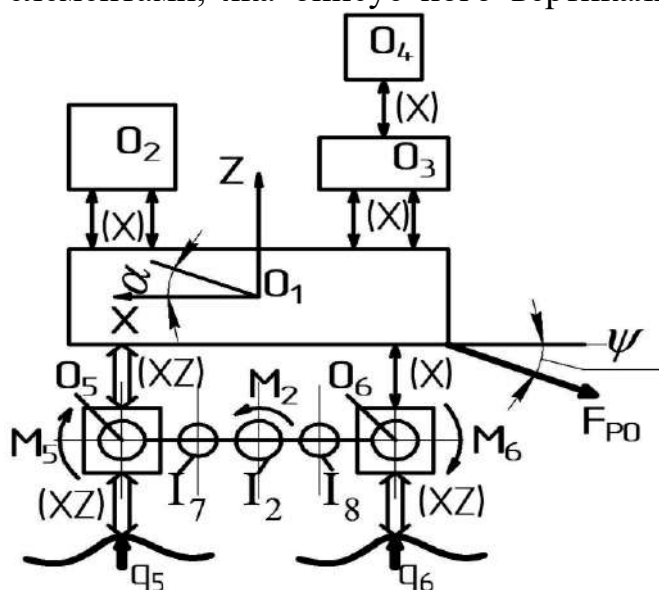


Рис. 1. Розрахункова схема моделі трактора з упругодемпфіруючими зв'язками

Напрямок дії зусилля F_{PO} робочого органу є змінним. Крутильні коливання в валопроводах трактора моделюються системою інерційних мас 5-7-2-8-6.

Сформована структура математичної моделі дозволить оцінити вплив УДЗ і, відповідно, доцільність та ефективність їх використання для зниження рівня коливань основних елементів трактора і робочого місця оператора.

**ВИМОГИ ДО ПРИВОДА ВЕДУЧИХ КОЛІС АВТОМОБІЛЯ
З ДВУХРОТОРНИМ ЕЛЕКТРОДВИГУНОМ**
Сергієнко М.Є., Любарський Б. Г., Пастущина М.І., Косарев О.В.
*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

Пошук технічних рішень в області розробки систем розподілу і регулювання потоків потужності по ведучим колесам осі автомобіля показав, що розподіл крутних моментів на ведучих колесах побудовано на базі традиційних алгоритмів диференціального регулювання, які в основному визначаються законами управління і ґрунтуються на забезпеченні кращих показників динаміки, стійкості руху, маневреності та прохідності автомобіля.

Як правило, розробники систем управління індивідуального приводу ведучих коліс автомобіля з міркувань забезпечення активної безпеки автомобіля, забезпечення необхідних тягово-динамічних властивостей і мінімізації швидкісних втрат застосовують автоматичні адаптивні системи або враховують кілька алгоритмів управління, призначених для різних режимів експлуатації, які переключаються примусово за допомогою автоматичних систем керування.

Електропривід ведучих коліс на сьогодні все більше використовують на гібридних та електричних автомобілях. При цьому важливо створити конструкцію з малими масо-габаритними розмірами [1].

Як варіант виконання приводу є використання двухроторного електродвигуна. Загальний принцип створення алгоритму керування цього двигуна полягає в наступному:

- 1) при прямолінійному русі автомобіля на дорозі з високим коефіцієнтом зчеплення і рівному радіусу колеса забезпечить однаковий крутний момент на кожному колесі;
- 2) при русі транспортного засобу по дорозі з низьким коефіцієнтом зчеплення, при повороті момент на кожне колесо визначається заданим напрямком руху і швидкістю автомобіля і в цьому випадку треба забезпечити асиметричне значення крутних моментів на колесах;
- 3) підтримка граничного крутного моменту електродвигуна на колесі з низьким коефіцієнтом зчеплення з дорожнім покриттям;
- 4) при зміні навантаження по бортам на колесо забезпечити відповідний перерозподіл між ними крутного моменту.

При цьому система управління електроприводом повинна забезпечити:

- 1) плавне і точне регулювання частоти обертання, крутного моменту без пульсацій на всьому діапазоні;
- 2) високу швидкодію на керуючий сигнал системи керування;
- 3) відсутність коливань швидкості при зміні навантажень.

Література:

1. Сергиенко Н.Е., Любарский Б.Г., Пастущина М.И., Перевозник А.С. Математическое моделирование электропривода колес автомобиля с двухроторным электродвигателем. *Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доповідей XXVI Міжн. н-практ. конф. MicroCAD-2019.* 16-18 квітня 2019р., Ч. I. за ред. проф. Сокола Є.І. Харків: НТУ «ХПІ». С. 208.

МОДЕРНІЗАЦІЯ ЗДВОЄНОГО ЗЧЕПЛЕННЯ

Сергієнко М.Є., Сергієнко А.М.* , Свідло В.С.

Національний технічний університет

«Харківський політехнічний інститут»,

**ТОВ «Інтехресурс», м. Харків*

Здвоєні зчеплення все більше починають витісняти звичайні зчеплення у складі роботизованих коробок передач. Така конструкція зчеплення має перевагу у часі перемикавання та передачі моменту без розриву. Серед них переважають сухі зчеплення, вони мають перевагу над мокрими завдяки простішій конструкції зчеплення та системи його керування, не потребують складного технічного обслуговування [1]. Особливістю такої конструкції є потреба підтримувати у стиснутому положенні фрикційні пари (пакет фрикційних дисків у разі мокрого зчеплення) у ввімкнутому положенні і забезпечення заданого коефіцієнту запасу зчеплення. Звідси з'являється необхідність при русі автомобіля у постійній витраті енергії двигуна на роботу системи керування. При цьому конструкція ускладнюється і збільшується вартість приводу. При передачі великого крутного моменту потрібне значне зусилля і робота на стиснення фрикційних пар трансмісії транспортно-тягових машин.

Для вирішення проблеми зменшення енергії на управління розроблена на кафедрі оригінальна конструкція здвоєного зчеплення [2] та системи керування [3], яка потребує витрати енергії лише на час перемикавання на задіяння механізму включення зчеплень. В її конструкції вирішується задача суттєвого зменшення витрат енергії на керування за рахунок кардинальної зміни приводу натискного механізму. Для включення одного з зчеплень необхідно одноразово задіяти силовий механізм, далі стиснення дисків забезпечують натискні пружини.

Аналіз роботи вказаного зчеплення показав, що фрикційні пари можуть мати не однаковий ресурс та різну динаміку передачі крутного моменту ДВЗ. Це також буде негативно впливати і на динамічне навантаження, ресурс елементів конструкції інших агрегатів трансмісії.

На підставі аналізу процесу переключення зчеплень визначені напрямки удосконалення конструкції, розроблено оригінальне технічне рішення, яке вирішує вказану проблему, і підготовлені матеріали заявки на винахід.

Література:

1. Сергієнко М.Є. Аналіз сучасних конструкцій здвоєних зчеплень транспортно тягових машин/ М. Є. Сергієнко, В.С. Свідло, Л.В. Кузьменко // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Автомобіле- та тракторобудування. – Харків : НТУ «ХПІ», 2018. – № 49 (1325). – С. 50–57. 2. Пат. на винахід України №101711, В60К 17/02, В60К 23/00, F16D 13/38. Двохпотокова муфта / Сергієнко М.Є., Сергієнко А.М., Худолій О.І. Заявка а2011 08339. Заявл. 04.07.2011. Опубл. 25.04.2013. Бюл. №8. 3. Пат. на винахід України №118124, В60К 23/02, F16D 13/38, F16D 23/12, F16D 21/06, F16D 48/06, F16H 61/688. Система керування муфтою зчеплення транспортного засобу / Сергієнко М.Є., Сергієнко А.М., Павлова Н.М. та ін. Заявка а2016 12321. Заявл. 05.12.2016. Опубл. 26.11.2018, Бюл. №22.

МОДЕРНІЗАЦІЯ БАГАТОДИСКОВОЇ МУФТИ

Сергієнко М.Є.¹, Грабовський А.В.¹, Медведєва А.В.², Яценко В.Ю.¹

Національний технічний університет

«Харківський політехнічний інститут»¹,

*Харківський національний університет будівництва та архітектури²,
м. Харків*

В роботі проведено дослідження багатодискової муфти, що використовується в коробках передач автобусів та тракторів ХТЗ. Застосування багатодискової фрикційної муфти (БФМ) дозволяє передавати момент ДВЗ без розриву потоку потужності, що дає можливість знизити витрати палива, динамічні навантаження в трансмісії, а також підвищити тягово-динамічні показники та прохідність машин. Але даний елемент трансмісії часто виходить зі строю, тому був проведений аналіз роботи БФМ та дослідження НДС її елементів при імітації робочих умов експлуатації.

В конструкції багатодискової фрикційної муфти використовується барабан з пакетом фрикційних дисків, який стискається поршнем під дією напору гідравлічної рідини. Після стискання фрикційний пакет упирається в стопорне кільце, яке розміщене і зафіксовано на торці барабану. Дослідження проводилося за допомогою МКЕ, дослід симулював роботу муфти при різних буксуванні фрикційних пар та тиску на поверхні поршня. Аналіз НДС елементів муфти виявив нерівномірне розподілення тиску, контактних напружень по поверхні дисків і виникнення прогинів фрикційних пар, опорного диску та елементів барабану. Таким чином спостерігається зниження ефективності передачі моменту та скорочення ресурсу муфти.

Для усунення проблеми було запропоновано декілька конструктивних рішень:

- збільшення кількості дисків в фрикційному пакеті;
- використання модернізованого барабану.

Варіанти базової конструкції барабану і модернізованої приведено на рис.



Рис. Конструкції барабану: діючий (зліва), модернізований (справа)

Література:

1. Сергієнко М.Є., Скрипник І.А., Забелишенський З.Е., Каліновський В.С., Твердохліб О.В. Вплив параметрів конструкції багатодискової муфти на стабільність характеристик / Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я. Матеріали XVI міжн. н.-практ. конференції. Ч.1. Харків: НТУ «ХПІ», 2009. С.236. 2. Яценко В.Ю., Свідло В.С., Сергієнко М.Є., Соболев С.Ф. Дослідження напруженого деформованого стану багатодискової муфти / Матеріали XIII Міжнародна н.-практ. конф. студентів і аспірантів «Теоретичні та практичні дослідження молодих науковців» (19-22 листопада 2019 року). Харків: НТУ «ХПІ», 2019. 598с.

МІКРОМАСШТАБНІ МОДЕЛІ ВИЗНАЧЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ МАТЕРІАЛІВ МЕРЕЖЕВОЇ СТРУКТУРИ ТА ЇХ РОЗРАХУНКОВО- ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ВЕРИФІКАЦІЯ

Ткачук М. М., Грабовський А. В., Саверська М. С., Куценко С. В.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

Сучасні нетрадиційні матеріали мережевої структури знаходять широке застосування у конструкціях як захисні силові та функціональні елементи. Ці матеріали мають унікальне поєднання властивостей, серед яких – висока питома міцність, здатність до значних деформацій зі збереженням цілісності, хімічна та теплова стійкість тощо. Разом із тим процес ідентифікації властивостей матеріалів подібного типу ускладнено з огляду на складну її мікроструктуру. Задля розв'язання цієї задачі розроблено нові підходи на базі мікроструктурного аналізу та термодинамічних принципів.

На основі розроблених моделей та методів установлені нові закономірності деформування таких матеріалів під навантаженням.

З метою визначення ступеня достовірності одержуваних результатів чисельного моделювання вони порівнюються із результатами експериментальних досліджень. Залучені дані експериментальних досліджень біогелів, нетканих матеріалів, штучних каучуків тощо.

Установлено задовільну відповідність результатів чисельних та експериментальних досліджень. Співпадають не тільки криві «сили–деформації», але й тенденції їх зміни при варіюванні певних параметрів, структури та складу.

Головною перевагою розробленого підходу, створених моделей та методів досліджень є, на противагу феноменологічним підходам, моделям та методам шлях від аналізу деформування на рівні мікроструктури до макромасштабних властивостей матеріалів. Тобто ці властивості визначаються на основі об'єктивних даних про структуру і властивості мікрокомпонент, а вже потім – порівнюються із експериментально визначеними. У феноменологічному підході властивості матеріалів визначаються на основі розрахунково-експериментальної верифікації параметрів моделі певного типу.

Отже, недоліком феноменологічного підходу, який неможливо усунути, є необхідність мати у розпорядженні якщо не досліджуваний матеріал, то хоча би дані про експериментальне визначення його поведінки під дією навантажень. Таким чином, неможливо прогнозувати властивості матеріалів, які тільки розробляються, тоді як запропонований підхід, моделі та методи такі можливості забезпечують.

**РОЗРОБКА МЕТОДИКИ АНАЛІЗУ СТІЙКОСТІ
МЕТАЛОПОЛІМЕРНИХ ГНУЧКИХ КОЛІС
СИЛОВИХ ХВИЛЬОВИХ ЗУБЧАСТИХ ПЕРЕДАЧ**

Устиненко О. В.¹, Протасов Р. В.², Бондаренко О. В.¹, Сєриков В. І.¹

¹ Національний технічний університет

«Харківський політехнічний інститут», м. Харків,

² Словацький технічний університет у Братиславі, м. Братислава

В даний час у світі досягнуті значні успіхи в розробці та впровадженні хвильових зубчастих передач. Одним з показників якості роботи хвильової передачі є її шумова характеристика. З точки зору зниження рівня шуму становить інтерес застосування гнучких коліс з полімеру, а при необхідності збереження високого рівня працездатності – з металополімеру. Тому задача дослідження металополімерних гнучких коліс (МГК) силових хвильових зубчастих передач (СВЗП) є актуальною та практично корисною. Її рішення дозволить забезпечити мінімальний рівень шуму та вібрацій при високій навантажувальній здатності та довговічності передачі.

Робота присвячена розробці методики теоретичного дослідження стійкості складеного металополімерного гнучкого колеса. При дослідженні стійкості циліндричних конструктивно-ортотропних оболонок з достатньою точністю для практичного використання можна скористатися теорією пологих оболонок. На її основі отримано розрахункові залежності для визначення критичних навантажень, характерних для експлуатації силових хвильових зубчастих передач. Дано критеріальну оцінку стійкості оболонок металополімерних гнучких коліс через параметри хвилеутворення λ та η . Розглянуто окремі випадки навантаження силових хвильових зубчастих передач та забезпечення стійкості МГК для цих випадків:

1. Стійкість металополімерних гнучких коліс при осьовому стисканні оболонки МГК через значні осьові сили в зачепленні СВЗП.
2. Стійкість МГК під внутрішнім тиском від дії генератора хвиль.
3. Стійкість МГК при тангенціальному навантаженні через передачу обертового моменту.

Для кожного з цих випадків отримано розрахункову залежність для визначення критичного навантаження. Також показано, що параметри λ та η , а також числа напівхвиль хвилеутворення n та m повинні визначатися у процесі проектування передачі із умови мінімуму критичного навантаження.

**РОЗРАХУНОК ЗНОСОСТІЙКОСТІ
ЗУБЦІВ ЗІРОЧОК ЛАНЦЮГОВИХ ПЕРЕДАЧ**
Устиненко О. В.¹, Андрієнко С. В.², Протасов Р. В.³

¹*Національний технічний університет*

«Харківський політехнічний інститут»,

²*Харківський національний автомобільно-дорожній університет, м. Харків,*

³*Словацький технічний університет у Братиславі, м. Братислава,
Словаччина*

У багатьох випадках експлуатації ланцюгових втулково-роликкових передач є актуальною проблема прискореного абразивного зносу робочих профілів зубців зірочок. Це зірочки ведучих коліс гусеничної техніки, передачі із втулковими ланцюгами без роликів, а також передачі сільськогосподарського та гірничого машинобудування.

Розроблено методику аналізу ресурсу ланцюгової передачі за критерієм зносу профілю зубця. Вона складається із наступних етапів.

1. Математичне моделювання зубця. Розраховуються координати точок профілю x_{1j}, y_{1j} ($j = 1, 2, \dots, k$; тут k – кількість розрахункових точок профілю, що задається дослідником), після чого виконується апроксимація профілю за допомогою кривих Безьє третього порядку.

2. Моделювання процесу зношування зубця. Визначаємо швидкості ковзання в зачепленні $V_{ki,j}$ (i – номер циклу навантаження, що відповідає 1 оберту зірочки). Знаходимо радіуси кривизни профілю зубця $\rho_{1i,j}$ та визначаємо контактні напруження за формулою Г. Герца $\sigma_{Hi,j}$ в j -х точках профілю на i -х циклах навантаження. Потім за допомогою математичної моделі процесу зношування визначаємо величини зносу $I_{z1i,j}$.

3. Оцінка ресурсу ланцюгової передачі за критерієм зносостійкості зубців. Обчислюємо координати точок зношеного профілю $x_{i+1,j}, y_{i+1,j}$. Знаходимо нові значення $\rho_{Hi+1,j}, V_{ki+1,j}$ та $\sigma_{Hi+1,j}$ та величини зносу $I_{zi+1,j}$ на $i+1$ -му циклі навантаження, координати точок зношеного профілю $x_{i+2,j}, y_{i+2,j}$ і так далі. Одночасно на кожному циклі обчислюється сумарний знос профілю зубця в кожній j -й точці та знаходиться максимальна величина зносу $I_{z\max} = \max_{1 \leq j \leq k} I_{z\Sigma j}$, де

$I_{z\Sigma j} = \sum_i I_{zi,j}$. Тобто ми отримали ітераційний процес, який зупиняється при досягненні критичного зносу $I_{z\text{кр}}$ (при виконанні умови $I_{z\max} > I_{z\text{кр}}$). Тоді ресурс ланцюгової передачі за критерієм зносу профілю зубця $L_h = N_{\text{ц}} / (60 \cdot n)$, годин, де $N_{\text{ц}}$ – кількість циклів навантаження до досягнення $I_{z\text{кр}}$; n – частота обертання зірочки.

Розроблена методика є достатньо універсальною – може бути застосована для дослідження зносу зубців зірочок ланцюгових втулкових передач або гусеничного рушія з будь-яким стандартним та нестандартним профілем.

МЕТОДИ РОЗРАХУНКУ ТЕПЛОВОЇ ПОТУЖНОСТІ БУДІВЛІ

Хованський С. О.¹, Гречка І. П.², Медвідь С.А.¹

¹ Сумський державний університет, м. Суми

² Національний технічний університет

«Харківський політехнічний інститут», м. Харків

Житловий фонд України являється одним із основних споживачів енергоресурсів в Україні. Оскільки вік більшої частини житлового фонду України перевищує 50 років, то більше ніж 60% будинків потребують модернізації та/або капітального ремонту. Окрім цього, майже 90% будівель нині не відповідають сучасним вимогам енергоефективності. Відповідно до положень ЗУ «Про енергетичну ефективність будівель» вводяться обов'язкові енергетична сертифікація та визначення класів енергоефективності будівель.

Метою дослідження є оцінка існуючих нормативних документів у сфері енергозбереження для розрахунку теплової потужності будівель. Для цього були вирішені такі завдання: створена класифікація методів для розрахунку теплової потужності будівлі; проведений розрахунок теплового балансу будівлі за декількома загальноприйнятими методиками; проведений порівняльний аналіз отриманих результатів з дійсними показниками для заданого об'єкту.

Залежно від стадії життєвого циклу об'єкту розрізняють розрахункові та експериментальні моделі. Залежно від поставленої мети розрахунок теплової потужності можна визначати за допомогою стаціонарних, квазістаціонарних чи динамічних моделей. Розрахунковий період для стаціонарних моделей складає один рік, для квазістаціонарних – зазвичай, один місяць чи цілий сезон, динамічні моделі використовуються для погодинних розрахунків. Залежно від відомостей про взаємозв'язок між параметрами системи розглядаються три типи моделей: метод чорної скриньки («black-box»), білої скриньки («white-box») та сірі моделі («grey-box»), в основі яких лежать аналітичний, імітаційний та комбінований способи моделювання, відповідно. Аналітичні моделі подаються у вигляді математичних залежностей, імітаційне моделювання передбачає представлення моделі у вигляді алгоритму. Імітаційні моделі дозволяють вирішувати більш складні задачі, ніж аналітичні. Інколи застосовують їх комбінацію у вигляді сірих моделей. Фізичні моделі використовують для опису систем, що підлягають поясненню з фізичної точки зору. Якщо параметри реальних процесів невідомі, то розрахунки проводять на основі статистичних даних та використовують статистичні моделі.

Існуючі методи визначення теплової потужності будівель є досить розгалуженими та мають певні особливості. При виборі методу для аналізу стану об'єкту слід враховувати, що є вихідними даними для розрахунку та метою їх проведення. Для прогнозування обсягів споживання на об'єктах, де відсутні або мало застосовуються методи регулювання відпуску теплової енергії, доцільно використовувати значення, що були отримані у результаті розрахунків за стаціонарними методами, а на об'єктах із можливістю застосування методів регулювання – доцільно використовувати значення, отримані у результаті розрахунків за квазістаціонарним та динамічним методами.

ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ НАХИЛУ КУЗОВІВ НА ЗАЛІЗНИЦЯХ УКРАЇНИ

Якунін Д.І., Гочаров Є.В., Якунін О.О.

Національний технічний університет

«Харківський політехнічний інститут», м. Харків

Зважаючи на перспективність розвитку туристичного напрямку України, вважається вельми актуальною задача покращення сервісу Укрзалізницею щодо пасажирських перевезень. Визначальним фактором задоволення пасажирів є насамперед час, проведений ним у дорозі. Відносно простим технологічним засобом, що не потребує принципової переробки конструкції рухомого складу, є збільшення максимальної швидкості його руху понад 300 км/год. У такий спосіб діють залізниці Франції: RNFЕ застосовує поїзди TGV з 1981 року.

Проте, подібний рухомий склад вимагає спеціальних рейкових колій: швидкісні лінії LGV будуються з кривими радіусом понад 4000 м, а новіші лінії – понад 6000 м. Така технологія є надто витратною, вартість побудови одного кілометра високошвидкісної колії зіставна зі швидкістю одного поїзда. Тож, такий підхід неприйнятний для України у сучасних економічних обставинах.

Більш прийнятною вважається підвищення середньої швидкості руху поїздів, яке можливо здійснити за рахунок збільшення швидкості проходження кривих ділянок існуючого рейкового шляху. Обмеження швидкості у кривих зумовлене виникненням відцентрової сили, що прямо пропорційна квадрату швидкості та зворотно пропорційна радіусу кривої.

Збільшення швидкості у кривих можливе за рахунок застосування систем нахилу кузовів, що дозволяють компенсувати вплив відцентрової сили за рахунок сили тяжіння – проекції цих сил на план підлоги у випадку відповідного нахилу кузова взаємно компенсуються, а нормальні – складаються, що суб'єктивно сприймається пасажиром, як деяке збільшення власної ваги.

Укрзалізниця планувала придбати вагони компанії Talgo для збільшення швидкості поїзда «Інтерсіті+» Київ – Одеса. Час у дорозі для цього поїзда склав би 5,5 годин замість теперішніх 7. Система «природнього нахилу» поїздів Talgo забезпечує кут нахилу не більше 3° і хоча більшість ділянок залізниць України задовольняють цим умовам, лишається значна кількість ділянок, що потребують кутів нахилу кузова понад 7°.

Отже, ще більше скоротити час у дорозі, а також створити нові робочі місця в Україні можливо за рахунок обладнання системою примусового нахилу кузова поїздів Тарпан ЕКр-1 виробництва Крюківського вагонобудівного заводу.

Пропонується систему нахилу виконати на базі лінійних двигунів, що мають низку переваг у порівнянні з традиційними силовими приводами.

СЕКЦІЯ 5. МОДЕЛЮВАННЯ РОБОЧИХ ПРОЦЕСІВ В ТЕПЛОТЕХНОЛОГІЧНОМУ, ЕНЕРГЕТИЧНОМУ ОБЛАДНАННІ ТА ПРОБЛЕМИ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ

FILM EVAPORATORS TO BE USED WITH CRYSTALLIZED SOLUTIONS

Koshelnik O.V., Krugliakova O.V., Pavlova V.G., Dolobovska O.V.

National Technical University «Kharkov Polytechnic Institute»,

V. N. Karazin Kharkiv National University, Kharkov

Evaporation processes are widely used in technological processes of metallurgical, chemical, pharmacological, food industries, etc. The type of evaporator depends on the area of its application and the initial characteristics of the evaporated product, while the thermophysical properties of the evaporated solution, its tendency to crystallization, sensitivity to high temperatures, available temperature difference and the heat transfer surface are taken into account.

The type of evaporation equipment also determines the energy costs of production and affects the quality of the finished product. This is especially true for crystallizing and scale-forming solutions, which are often subjected to the evaporation process. A significant part of the evaporated solutions contain salts that crystallize during processing. Evaporation of such solutions poses a number of problems and its implementation causes many difficulties. One of the main problems is the saline deposits on the internal surfaces of the apparatus. Saline deposits inside the heat exchanger tubes are especially harmful, as this can reduce the performance of the evaporator due to the necessity to switch it to the washing mode or to stop it for cleaning.

Typically, evaporators with natural or forced circulation and remote boiling zone are used for the treatment of liquids with a high viscosity, containing a crystallizing component or prone to inlaid heat transfer surfaces. Their use minimizes contamination of the heating surfaces due to the deposition of the crystallizing component.

At the same time, film evaporators are quite efficient because of shorter duration of the evaporation process and smaller dimensions and specific amount of metal. Its high efficiency can also be obtained through the use of a mechanical or thermal secondary steam compressor. This allows making the best use of the minimum temperature difference and the possibility of multi-stage evaporation. However, application of film evaporators for the salts containing solutions is now limited.

Nevertheless, various studies show the possibilities of expanding the area of applicability for film evaporators. Partial cleaning of the heating surfaces and a decrease in the rate of scale formation can be achieved by introducing in the initial solution particles of the solid phase, which, in addition to the cleaning function, also improve heat transfer. After passing through one evaporation cycle, a small amount of the crystallizing phase returns to the initial solution supplied to the evaporator. Thus, the working period of the evaporator increases due to the continuous circulation of the solid phase.

The implementation of these possibilities for film evaporators should be investigated further taking into account multiphase liquids evaporation and the mutual influence of boiling, vaporization and crystallization processes.

ANALYSIS EVAPORATOR OPERATION OF THE THERMAL SCHEME TURBINE UNIT 50 MW

Mykhailova I., Lytvynenko O., Tarasov O., Ismaylov V.

National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», Kharkiv

Currently, the evaporator units are used in thermal and nuclear power plants to compensate for steam and condensate losses. Evaporator units consist of a surface heat exchangers system with a heating section (evaporator and evaporator condenser) and are used to produce secondary steam from chemically purified water. The steam is sent to internal or external users and the condensate of the heating steam is stored in the station cycle. It is used in the main cycle of a power plant.

The work considers evaporator units that are used at thermal power plants and nuclear power plants. It is known that the efficiency of a power unit is one of the main indicators of the efficiency of a power plant. Losses of the working fluid (steam and condensate) in the power plant cycle lead to a deterioration of this indicator, which in turn of cause a corresponding heat loss. Therefore, the question recovery working fluid losses in the power cycle is important. An analysis of effect of the amount liquid evaporated on the efficiency of the evaporator and the quality distillate was made.

The thermal and hydrodynamic calculations of the evaporator of a turbine units with a capacity of 50 MW were performed and the following indicators were determined: heat transfer surface 194 m^2 , circulation rate $0,24 \text{ m/s}$, heat transfer coefficient $312 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ } ^\circ\text{C})$ and the salt proportion in the distillate (secondary steam) equal $0,108 \text{ mkg/kg}$, which is within the standards for the quality of the distillate.

In the calculation, the evaporator productivity varied $1,667 \text{ kg/s}$ from $2,5 \text{ kg/s}$. It was found that an increase in the amount of evaporating water leads to a deterioration in the separation and transfer of non-evaporated drops of water to the

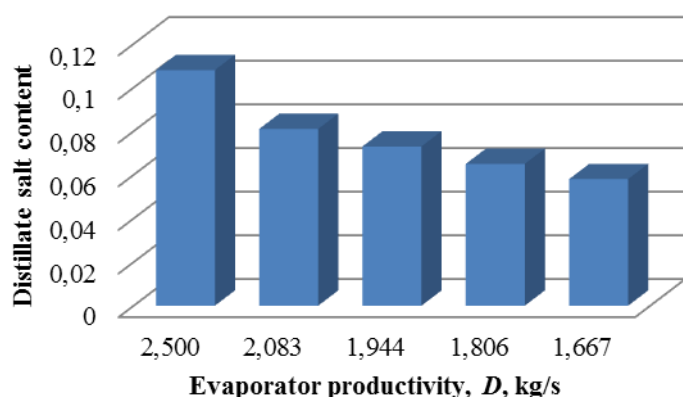


Fig. 1 Dependence quality of the distillate from evaporator productivity

evaporator condenser. At the same time, the salt content of 1 kg of steam, which is supplied to the steam treatment unit, increases by $42,8 \%$, the salt content of the wash water on the steam treatment unit increases by $1,3 \%$, in the distillate salt content increases by 46% . Since when the evaporator capacity changes, the thermal load of the heating section of the evaporator changes also, in order to maintain the

quality of the distillate, it is necessary to maintain a stable thermal load of the heating section of the unit.

THEORETICAL STUDY OF THE EFFICIENCY OF THE WATER SUPPLY SYSTEMS WITH A FAN COOLING TOWER UNDER HIGH OUTSIDE TEMPERATURES

Pereselkov O.R., Krugliakova O.V.

National Technical University «Kharkov Polytechnic Institute», Kharkov

At present the outdoor temperature in the summer rises up to 35 °C and higher. This complicates the operation of the water coolers and leads to undercooling of the circulating water in the cooling tower. As a result, a violation of the technological process of operation of the main equipment (refrigeration units, compressor stations, condensers, induction melting furnaces, etc.) is possible. Such extreme environmental conditions especially affect the efficiency of cooling towers with a long service life.

A research rationale has been proposed to study the operating parameters of an existing circulating water supply system at high outdoors temperatures. The system is consisted of a water-cooled heat exchanger, a fan cooling tower, tanks for warm and chilled water, and pumps. The methodology has four steps.

Step 1. Determination of the maximum temperature of cooling water at which the operation of the heat exchanger and, accordingly, the entire technological complex is possible.

Step 2. Calculation of the height of the cooling tower filler, which is necessary to ensure a given heat removal (i.e. actual cooling ability of the fan cooling tower at given conditions).

Step 3. Analysis of the cooling ability of cooling tower at various parameters of the outdoor air.

The methodology makes it possible to obtain the actual enthalpy, and hence the temperature of the water at the outlet of the filler of the considering standard cooling tower.

Step 4. Analysis of the possible ways of enhancement the efficiency of the cooling tower at extreme parameters of outdoor air.

Investigations show that the efficiency of the cooling tower is influenced by air flow and water spray rate. Air flow can be adjusted using a variable frequency drive or tilting the fan blades.

When examining the influence of water spray rate there are several factors to be considered. Firstly, an increase in water spray rate should not lead to “flooding” of the filler. Secondly, an increase in water flow rate should not lead to an increase in the irregularity of the local density of water spray rate, especially when full-spray nozzles oriented downstream are used. Thirdly, with an increase in water flow through the cooling tower, the water flow through the heat exchanger should not be increased. This can be achieved, in particular, by draining excess chilled water into a warm water tank, thereby diluting and lowering its temperature, which, in turn, should somewhat improve the operating conditions of the cooling tower. A similar solution is also possible when installing an additional cooling tower.

In this way the methodology makes it possible to predict the operating mode of the cooling tower and the main technological equipment for arbitrary parameters of the outdoor air.

THE MEANS OF ADJUSTING OF THE TEMPERATURE STATE OF A COMBUSTION CHAMBER SURFACE UNDER A FUEL FILM

Pylyov V.V., Pylyova T.K.

National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», Kharkiv

The organization of the workflow of engines with mixed volumetric and film mixture forming implies that part of the fuel supplied to the combustion chamber in the piston, is sprayed and evaporated in the volume, and part reaches the walls of this chamber with the formation of fuel film that also evaporates.

Analysis of known research results shows that contact of the fuel portions with the combustion chamber wall is accompanied by a significant decrease in the temperature of the surface and subsequent forming on it of carbon deposit layer. It is linked with the effect of breakages of chain reactions of combustion in the wall zone of the chamber and, as a consequence, excess of free fuel molecules' residue. The equilibration of the processes of buildup and burnout of the deposit becomes balanced at a certain thickness of the deposit, which determines the temperature of its surface layer. To a large extent, these effects are inherent in pistons made of aluminum alloys.

The depositing on the walls can be made impossible by applying to the surfaces a catalytic coating of aluminum or zirconium oxide. But coatings of that kind have low heat conductivity, and because of it inflict the surface temperature decrease themselves.

The changes of the conditions of formation of the fuel film and its evaporation in both cases degrade the fuel economy and emissions of harmful substances.

The temperature of these zones can be increased by two opposite ways. The first one implies avoiding of coating the surface and using the traditional materials for them. Thus the fabrication of pistons out of low-conductive materials, such as cast iron or steel, leads to an increase in the temperature of the wall of the chamber and reduce the deposit formation on its surface. But this measure, in turn, due to the occurrence of the regenerative heat exchanger effect, reduces the filling of the cylinder with air, what worsens the engine's fuel efficiency and environmental performance.

On the basis of the performed analysis, it is proposed to refine the piston design by using an embedding made of low heat conductive material to combustion chamber surface in zones where the fuel sprays contact it, where the temperature state adjustment is needed. A patent of Ukraine was obtained for the proposed design decision.

The other mean to reach higher temperatures of the combustion chamber surface under the fuel film is applying the coating with increased local thickness. As soon as the coating layer thickness transcends the penetration depth of the temperature wave induced by the cycle changing of heat transfer boundary conditions, the average cycle temperature begins to rise quickly. At some point it reaches value that can be compared with the one proper for zones of the combustion chamber free of fuel film.

**APPROXIMATE ESTIMATES FOR THE NONLINEAR STATIONARY
RADIAL HEAT CONDUCTION
IN THE CERAMICAL NUCLEAR FUEL PELLETS**

Romashov Yu. V., Chibisov D. O.

National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», Kharkiv

It is clearly understood that the temperature state of the ceramic nuclear fuel pellets used in the fuel rods of nuclear reactors is significantly depended on the thermo-physical properties of their material. It is well-known, the heat conductivity of the ceramic nuclear fission materials for fuels is very small and has very noticeable depending on the temperature such as increasing the temperature leads to decreasing the thermal conductivity. At the same time, the most of the known proposed approximate assessments of the temperature state of the nuclear fuel pellets made from ceramic materials are based on the linear heat conduction grounding on the averaged value of the thermal conductivity. It is naturally, that these linear assessments of the temperature state of the ceramic nuclear fuel have some discrepancies due to neglecting of depending on the temperature of the heat conductivity. The purpose of this research is to obtain of estimations of discrepancies in the results for the temperature state of the ceramic nuclear fuel pellets as consequence the linearization the initially nonlinear heat conduction equation.

The mathematical formulation of the stationary heat conduction in the form of two group of equations including the heat balance equation and the Fourier's Law of the heat conduction connecting the temperature and the heat flow vector is used for approximate assessment of the nonlinear radial heat conduction of the ceramic nuclear fuel pellets instead traditional approaches based on single heat conduction equation for the temperature. Using such mathematical formulation allows excluding the derivative on the temperature of the thermal conductivity coefficient from the solving equations when the temperature state of the ceramic nuclear fuel pellets is researched. Due to that circumstance, we have regularization of the thermal conductivity coefficient representing only by values corresponding to the some given temperatures. Besides, due to that circumstance it is possible to represent the thermal conductivity coefficient as sum of the constant and the temperature dependent terms and use the Picard's method for iterative solving the nonlinear heat conduction differential equations with necessary boundary conditions.

Using proposed approach, the stationary radial nonlinear heat conduction in the cylindrical ceramic nuclear fuel pellet, which is typical for the nuclear fuel rods of the most modern nuclear reactors, including the VVER-1000 type nuclear reactors, is considered. The state of zeros heat flow thru the inner surface of the fuel pellet and the heat transfer thru the outer surface of the fuel pellets are considered as the boundary conditions. Using the computational simulations, it is shown that taking into account the temperature dependence of the thermal conduction coefficient lead to higher temperature estimations comparing with the corresponding results on the ground of linearization.

USING THE FINITE DIFFERENCES METHOD FOR ESTIMATION OF BUCKLING UNDER LONGITUDINAL COMPRESSION OF CLADDING OF FUEL RODS OF NUCLEAR REACTORS

Romashov Yu. V., Mazurenko Yu. E.

National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», Kharkiv

It is well-known that the claddings of fuel rods of the most modern nuclear reactors have the significant smaller transverse sizes comparing the longitudinal size and gets the longitudinal compression in the core of nuclear reactors under exploitation. Besides, it is well-known also, that the compression of the rod can lead to its buckling which lead to appear the bending of this rod. It is clearly understood, that bending the cladding of fuel rods due to buckling can disturb the normal operation of the control and safety systems due to preventing of necessary moving the control rods. The purpose of this research is to consider the opportunity of the finite differences method for estimating the buckling under longitudinal compression the cladding of fuel rods of nuclear reactors.

The mathematical formulation of the problem about buckling under the longitudinal compression of the cladding of fuel rods is represented as the linear homogeneous fourth-ordered differential equation relative the buckling deflection of the cladding considered as the thin rod with necessary boundary conditions. The boundary conditions can represent the different kinds of joints, including the cylindrical joints, the rigid as well as the elastic joints. Using the finite differences method leads to linear homogeneous algebraic equations for the nodal values of the cladding deflection. The condition of existence the non-zero solution of these homogeneous algebraic equations leads to the characteristic equation for finding the critical compressive forces, corresponding the buckling of the cladding. This characteristic equation leads to the algebraic eigenvalues and eigenvectors problem, such as the eigenvalues represent the critical compressive forces, but the eigenvectors represent the modes of the buckling corresponded these critical compressive forces. Properties of the matrices, presenting in this eigenvalues and eigenvectors problem for estimating the buckling of the cladding allow using the QR-method for computational estimating the eigenvalues and eigenvectors.

The computations of the critical compressive forces, leading to the buckling of the cladding, are realized by the software especially designed using the C# programming language as well as the FORTRAN programming language. It is understandable, that the FORTRAN programming language is the more suitable for the computations, but the C# programming language is more suitable for design the software system tools like the user dialogs, etc., which are the significant volume of the designed software. Results of computing the critical compressive forces of the cladding of fuel rods with cylindrical jointed edges show the full corresponding with the analytical exact solution, and the opportunity on using the finite differences method in the more complex problems, including the cases of the elastic jointed cladding.

PERSPECTIVES OF USING THE MICRO- AND NANO-COMPOSITE STRUCTURES TO MAKE THE CLADDING OF FUEL RODS FOR NUCLEAR REACTORS

Romashov Yu. V., Povolotskii E. V.

National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», Kharkiv

It is well-known the significant limitations in possibilities of using the structural materials to make the structures of the core of nuclear reactors due to the specific requirements to the neutron-physical characteristics. These limitations allow making the structures of the core of nuclear reactors using relatively small groups of the structural materials on the base the Zirconium with necessary neutron-physical characteristics, but with the worse mechanical strength relatively the traditional thermal power machinery structural materials. The purpose of this research is to discuss the possibilities of using the micro- and nano-composite structures for making the cladding of fuel rods of nuclear reactors to increase the general operability of the cladding, including the abnormal higher temperatures under emergency states.

The characteristic property of the micro- and nano-composite structures is presence of the micro-and nano-sized structures with clear boundaries. The typical example of the micro- and nano-composite structures is the pipe with the thin coatings, having the micro- and nano-sized thicknesses. The particular importance of micro- and nano-composite structures for making the structures of the core including the cladding of fuel rods of nuclear reactors is the possibility of using the more wide structural material, including the traditional for thermal power machinery structural materials with the higher strength and corrosive-protecting properties. This possibility is due to the micro- and nano-sizes of the structures, which lead to small masses of these structures and have no significant effects on the neutron-physical balances in the core of nuclear reactors.

The most discussed way of using the micro- and nano-composite structures for making the cladding of fuel rods is using the cladding made from traditional Zirconium-based alloys with the thin protective coatings, having the micro- or nano-sized thicknesses, made from corrosion-protective materials such as stainless steels. The main problem of using such structures is predicting the strength properties of these structures under the exploitation of normal and emergency loadings during their operation. It was proposed the mathematical model of deforming the cladding of fuel rods made from the Zirconium-based alloys with the thin protective coatings. This model is based on the well-known differential equations of the theory of elasticity, but the boundary conditions for these equations is formulated on the basis of considering the interactions between the thick-walled structure and the thin-walled coatings, imagined as the thin shells. It was shown, that presence of the thin protective coatings lead to noticeable decreasing the stresses from the operational loads in the cladding of fuel rods. This found circumstance allows the wide perspectives of using the micro- and nano-composite structures for making the cladding of fuel rods of nuclear reactors.

COMPOSITION AND OPERATION MODE OF PROPULSION WITH TURBOJET ENGINE FOR $M = 0 \dots 4$ SUPERSONIC AIRCRAFT

Shevchenko M. A.

National Aerospace University «Kharkiv Aviation Institute», Kharkiv

Choice of composition of power plant (PP) is a part of the complex integrated variational optimization task. Due to complexity of this task, it is advisable to simplify it by setting a flight profile and geometric shape of an aircraft. This formulation of the task allows finding an optimal composition and operating mode of the PP, the flight mode of the aircraft, under given conditions. It is advisable to simplify the solution search by dividing it into two levels. At the zero level stage, for selected aircraft and the PP composition, parameters of the cycle and air flow (which ensures take-off mode) G are selected. Takeoff gas temperature $T_{gt,max}^*$ is setting to maximum. High-speed characteristics (HSC) of turbojets are calculated. For selected aircraft and composition of the PP, a dependence of the aircraft resistance Q at the middle of the cruising flight section is determined. A cruising flight speed, from the equality of thrust P and resistance is determined. Pre-determined mass of fuel and PP. Fuel overhead due to take-off, taxiing, and climb are taken into account by the coefficients. Comparing of the total mass of fuel and PP at different $\pi_{c_{cr}}^*$ and $T_{g_{cr}}^*$, pre-determined $\pi_{c_{opt.pr}}^*$ and $T_{g_{opt.pr}}^*$ which provide a minimum mass of fuel and PP and payload maximum mass. At the first level stage, in the region of $\pi_{c_{opt.pr}}^*$ and $T_{g_{opt.pr}}^*$, the final search of the optimal cycle parameters is carried out: for each π_c^* , near the $\pi_{c_{opt.pr}}^*$ region, the required G is determined. The dimensions and mass of the PP and the HSC are calculated for a number of $T_{g_{cr}}^*$ values; the differential equations of aircraft motion at the flight profile section which corresponds to the exit to the cruising mode at $T_{gt,max}^*$ are numerically solved; the differential equations of aircraft motion at the flight profile cruise section, for a number of values $T_{g_{cr}}^*$ are numerically solved. The flight speed from the condition of equal P and Q is determined. Moreover, the lower $T_{g_{cr}}^*$, the lower cruising speed, but the specific fuel consumption of the turbojet engine are smaller too. As a result of the calculation, the required fuel supply for a given flight profile is determined depending on $T_{g_{cr}}^*$; for each value of π_c^* , the dependence of the total mass of fuel and PP as a function of $T_{g_{cr}}^*$ is built. And $T_{g_{opt}}^*$ at the cruise mode, in which this sum of masses is minimal, which ensures maximum payload is determined; comparing the total mass of fuel and PP at different π_c^* and $T_{g_{opt}}^*$, $\pi_{c_{opt}}^*$ that provides maximum mass of the payload is determined. Based on the approach described above, for the PP with turbojet, the operating mode of the PP and the aircraft flight modes along the given flight profile are determined.

NUMERICAL RESEARCH OF DYNAMIC OPERATING MODES OF TUBULAR HEAT EXCHANGERS

Tarasenko M.O., Tarasenko O.M., Ugolnikov S.V.

National Technical University «Kharkov Polytechnic Institute», Kharkov

The control of thermal operations, which include a surface tubular heat exchangers, requires knowledge of the static and dynamic characteristics of all parts the object of automatic control. This is due to the fact that the adjustable object and the heat exchanger (or devices) are inextricably linked with the elements of the automatic control system, which mutually influence each other. Therefore, knowledge of the transient characteristics of heat exchangers is necessary for the design of optimal heat and power and heat technology installations operating under varying loads or production process parameters. In addition, in some cases, the heat exchanger is not a separate link in the circuit, but an independent object of regulation.

The main task of rationalizing the operating modes of heat exchangers is to ensure the highest possible efficiency of the main equipment (boiler, gas furnaces, etc.) or a heat production scheme, where the heat exchanger is a working one, or an adjustable element of automatic control and monitoring.

In most cases, the stationary mode of operation is conditional, since there are always changes in the parameters of the coolant at the inlet, and, accordingly, at the outlet. Determination of the dynamic characteristics of the air heater makes it possible to predict what these changes will be, or to build effective control systems to maintain an unsteady mode within the framework that is closest to a profitable operating mode.

The analysis of the state of the problem of determining the dynamic characteristics of recuperative heat exchangers, which made it possible to establish the relevance of research in this area to control the thermal circuits of power plants (gas turbines, steam generators) and heat production facilities. It is shown that only taking into account the distribution of parameters is it possible to fully determine the dynamic characteristics of thermal processes and give recommendations on the analysis and design of the object and system.

A review of domestic and foreign sources on transients in recuperative heat exchangers of the «gas-gas» type has been performed, which made it possible to establish that mathematical modeling based on the latest achievements of applied mathematics in the field of numerical analysis is the current area of research in the dynamics of heat exchangers.

It is established that mathematical research methods based on the numerical integration of differential equations that describe the transient processes of recuperative heat exchangers are the main direction for determining dynamic characteristics in the development of automatic control systems for thermal links of power facilities.

METHODS OF SULFUR PROTECTION OF FUELS PRIOR TO THEIR USE IN BOILERS

Tyutyunik L., Ivanova L., Kasilov V.

National Technical University Kharkiv Polytechnic Institute, Kharkiv

Demand for environmental protection is increasing around the world in the wake of economists' predictions of accelerated explosive techno-economic development. One of the objects of particular attention is sulfur compounds, which are formed during the combustion of organic fuels. The damage caused by sulfur oxides is so great that in many countries sulfur treatment programs are implemented several years in advance. Recent research and development in the field of sulfur purification has shown that there are currently a large number of processes capable of meeting various technical and economic requirements. The solution to the problem of reducing sulfur compounds in the combustion of organic fuels can be done through the following measures. The first action- the so-called method of non-permanent technology - implies that, under favorable weather conditions, the power plant burns high sulfur fuel, and in unfavorable conditions - low sulfur. The second method, depending on the type of fuel, can be implemented at various specialized enterprises. Oil fumigation can be carried out at refineries either directly or indirectly. In the direct method, the petroleum residue is subjected to catalytic hydrotreating at elevated temperature and pressure. An indirect method of sulfur treatment is that by vacuum distillation of oil, volatiles are separated from heavy oil residues. Then these light components are desulfurized by hydrotreating and mixed with heavy ones. This produces boiler fuel with a sulfur content of less than 1% by weight. The technology for the desulfurization of solid fuels is the separation of sulfur pyrites (pyrite) from coal at coal-mining plants. These properties are used in the processes of dry and wet coal enrichment. Enrichment can be effective (20 - 30%) if the proportion of pyrite sulfur in coal is high enough. Other more expensive methods can be used for the desulfurization of solid fuels. For example, hydrothermal sulfur treatment of crushed fuel in autoclaves at a temperature of 225-350 °C and a pressure of 1.8 MPa with the use of alkaline solutions of hydrates of sodium and calcium oxides. To remove organic sulfur, various special solvents are used in the presence of hydrogen at temperatures of about 450 °C and a pressure of 1.4 MPa. The third method is by gasification of liquid and solid fuels and combustion of these fuels in a fluid bed. In this case, both in the first and in the second case bind sulfur compounds with different reagents with the subsequent receipt of marketable products in the form of elemental sulfur or sulfur dioxide used in sulfuric acid and other industries. The recovered calcium oxide is again fed into the fluidized bed. It should be noted that due to the low temperature level of the combustion process, the possibility of formation of nitrogen oxides is significantly reduced. The fourth method - flue gas sulfur purification - is the most difficult and expensive. This is because the concentration in the flue gas is relatively small, the water solubility is low.

FLUE GAS PURIFICATION FROM SULFUR

Tyutyunik L., Ivanova L., Kasilov V.

National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», Kharkiv

Currently, there are more than 750 flue gas purification devices worldwide. About 70% of these devices use flushing of combustion products with lime or limestone slurry. About 20% are equipped with dry and moist systems with applied suspensions of sodium or lime. Another 10% of devices use other different technologies. In the process of studying this topic, it should be borne in mind that chemical methods of cleaning flue gases of boiler devices from harmful impurities are complex and expensive gas cleaning systems. Therefore, their introduction into the energy sector should be carried out only in cases where other, simpler and, accordingly, cheaper methods are completely exhausted. At the same time it is necessary to know that the main advantages of flue gas sulfur purification are their unconditionally high efficiency (90 - 95%) and possibility of application practically regardless of the type of fuel. It should also be borne in mind that the basis of chemical purification methods is a chemical reaction and its role is predominant over the processes of absorption, adsorption, condensation or combustion. In the energy sector, the most promising of wet methods of sulfur purification are: limestone, magnesite, ammonia-cyclic, soda-cyclic. Their main advantages include: a high degree of purification, the possibility of obtaining marketable products in the form of sulfuric acid, sulfur, fertilizers, building materials. However, they are not without drawbacks: large capital and operating costs, problems with ensuring operational reliability, there is a need for additional space in the area of thermal power plants and heating of the purified gases before evacuating them into the environment. The process that is most fully developed and put into practice is the limestone sulfur treatment method. It is based on the binding of sulfur dioxide in the absorber to cheap alkaline reagents: oxide hydrate or calcium carbonate. The simplicity of the technology, the high degree of purification (85 - 95%), inexpensive reagents and materials for the manufacture of apparatus, the absence of high pressure and vacuum, high reliability in operation have determined its priority application in energy. Dry and wet-dry methods of sulfur purification are less expensive than wet ones, but the cleaning efficiency is lower. The use of dry methods can reduce the concentration of sulfur dioxide by 25 - 30%, wet-dry - by 40 - 60%. These methods are based on the process of combustion of sulfur-containing fuel by feeding it into the furnace of a boiler or gas pipelines to which granular or crushed reagents are supplied: lime, limestone, dolomite, sodium salts, etc. Technological process of oxidation. occurs in a special reactor on a vanadium catalyst at high temperature and due to the oxygen contained in the combustion products. After cooling the gases and washing them with cold sulfuric acid, 85% strength is captured in the fiber filter. Sulfur removal efficiency reaches 90%.

DIRECTIONS FOR IMPROVEMENT OF APPROACHES, METHODS AND MODELS FOR THE SYNTHESIS OF DECISION-MAKING SUPPORT SYSTEMS AT THE STAGES OF THE LIFE CYCLE OF NPP AND TPP UNITS

Yefimov O.V., Potanina T.V., Yesypenko T.O., Harkusha T.A.
National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», Kharkiv

The main directions of the development of theoretical bases, approaches, methods and models used for the synthesis of automated intellectual decision-making support systems by researchers, designers and operational personnel of NPP and TPP units are based on the following scientific principles and methods:

- significant improvement of imitation models of NPP and TPP units, their individual elements, structures and equipment is possible on the basis of the use of the principle of structural display of hierarchical subordination of the simulated objects by oriented graphs. In this approach, the completeness of the mathematical description of power units is achieved by a multi-level hierarchical view, and the simulation model is formulated in such terms as block, object, object attribute, object operation scheme. It allows to optimize the system of mathematical relations describing various indicators of the operation quality of power units and technological processes in them, methods of diagnostics and prediction of equipment state in the form of subordinate logic-numerical operators. This principle of modeling increases the adequacy and reliability of simulation models at different levels of power unit detailing, simplifies the organization of internal and external management of models and enables to develop an effective overall structure of computer-integrated components of ADMSS;

- significant increase in the reliability of solving problems of determining the properties of structural materials of nuclear and thermal power units, as well as optimization of their parameters, energy characteristics, indicators (including strength and safety) and operation modes at the stages of research, design and maintenance is possible on the basis of the use of the theory and methods of interval (polyinterval) analysis and static theory of testing alternative hypotheses. This is because such complex technical systems, as NPP and TPP power units and their elements, should be considered and modeled at the above stages of life cycle as the systems with incomplete information about their parameters in the conditions of uncertainty and inaccuracy of data. The factors of uncertainty are randomness, ignorance, non-uniformity of possible solutions, variability of variables, semantic uncertainty of goals, instructions and estimates of experts, their multicriteria character at optimization, inaccuracy of mathematical and physical modeling methods, etc. Methods and operations of interval (polyintervalent) analysis are one of the effective means of taking into account uncertainty, that enable to solve methodological problems that arise as a result of uncertainty and inaccuracy of data (information) in solving a wide range of tasks at the stages of research, design and operation. The implementation of these methods in ADMSS at their synthesis for the use at life cycle stages will significantly increase the reliability of conclusions when making decisions by relevant persons and, thus, increase the overall level of efficiency, reliability and safety of the operation of NPP and TPP units.

ВИКОРИСТАННЯ ВОДНЕВИХ СИСТЕМ ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НА БАЗІ ПАЛИВНИХ КОМІРОК

Авраменко А.М., Чорна Н.А., Шевченко А.А.

***Інститут проблем машинобудування ім. А.М. Підгорного
НАН України, м. Харків***

Високе зростання споживання енергії в світі збільшує навантаження на екосистему і змушує людство знаходити нові шляхи до підвищення ефективності її виробництва та споживання. Інтерес до використання водню в якості альтернативного джерела енергії існує вже не одне десятиліття. Це пов'язано як з високою ціною на копалини енергетичні ресурси, так і з забрудненням навколишнього середовища продуктами згоряння. Водень може бути використаний в системах автономного енергопостачання на базі поновлюваних джерел енергії (ПДЕ).

За останній час успіхи в розробці та створенні паливних комірок (ПК) привели до значного зростання інтересу до водневих енергетичних технологій. Разом з ПДЕ, як вітроенергетика, ці технології дозволяють створювати системи автономного енергозабезпечення, які згладжують добовий графік навантаження в побутових і промислових електромережах, забезпечують надійним резервним енергопостачанням споживачів, підвищують надійність і якість енергопостачання та знижують екологічне навантаження на оточуюче середовище.

Найбільш перспективними для автономних споживачів є енергоустановки малої потужністю (до 20 кВт) на основі низькотемпературних лужних ПК. Для створення водневої системи енергозабезпечення необхідно інтегрувати металогідридні акумулятори водню з ПК. Для водневого акумулювання енергії необхідно до такої системи додати електролізний генератор водню, який при надлишку електроенергії виробляє водень, що зберігається в металогідридному акумуляторі. При недостатці електроенергії водень з металогідридного акумулятора надходить до ПК та окислюється, утворюючи електричну енергію.

Вирішена задача по підвищенню ефективності роботи системи енергозабезпечення для автономних споживачів (підприємства зв'язку, лікувально-оздоровчі пансіонати, фермерські господарства та ін.): генератор – електролізер – металогідридний акумулятор – паливна комірка [1]. На підставі проведеного дослідження розроблено технологічну схему автономної системи енергозабезпечення на базі паливних комірок та обґрунтовано підхід до створення металогідридної системи акумулювання водню та його подачі до паливних комірок. Показано, що такі системи можуть заправлятися воднем прямо від електрохімічного генератора водню, а водень, що виділяється можна використовувати для роботи паливних комірок.

Література:

1. Matsevytyi, Y., & Chorna, N. (2019). Development of a perspective metal hydride energy accumulation system based on fuel cells for wind energetics. Journal of Mechanical Engineering, 22(4), 48–52. <https://doi.org/10.15407/pmach2019.04.048>

ТЕПЛОВІ РЕЖИМИ РОЗПОДІЛЬНИХ ТЕПЛОВИХ МЕРЕЖ ПРИ РІЗНИХ ЗАКОНАХ ЗМІНИ ВИТРАТ МЕРЕЖНОЇ ВОДИ ПО ДОВЖИНІ ТЕПЛОПРОВОДІВ

Алексахін О.О., Бобловський О.В., Гордієнко О.П.

*Харківський національний університет імені В.Н.Каразіна ,
Харківський національний університет міського господарства ім. О.М.Бекетова,
Національний технічний університет «Харківський політехнічний
інститут», м Харків*

Основним резервом енергозбереження у житлово-комунальному секторі господарства України і будівельній галузі є зменшення втрат теплоти через огорожувальні конструкції споруд завдяки нанесенню додаткового шару теплоізоляції і заміні вікон. Зменшення тепловіддачі опалювальних приладів утеплених будівель можна забезпечити зниженням температурного режиму опалювальних приладів. В умовах централізованого теплопостачання груп будівель це обумовлює зміну теплового стану розподільних теплових мереж. Таким чином, ефективність впровадження енергозберігаючих заходів для споруд визначається не тільки зменшенням витрат теплоти на опалення, але і зміною експлуатаційних витрат для мікрорайонної теплової мережі, яка обумовлена зменшенням витрат теплоносія і втрат теплоти трубопроводами системи опалення.

У роботі наведено результати обчислень втрат теплоти трубопроводами мережі для опалення ідеалізованих груп будівель при додатковому утепленні функціонуючих споруд. Розглянуті варіанти конфігурацій теплових мереж дозволили при однакому тепловому навантаженні мережі в цілому забезпечити різні закони зміни витрат мережної води по довжині теплопроводів. Для врахування відмінності законів розподілу витрат води використано середні по довжині теплопроводу витрати. Обчислення втрат теплоти проведено для розрахункової температури зовнішнього повітря для опалення у кліматичних умовах м. Харкова, при прокладці трубопроводів у непрохідних каналах, з урахуванням втрат теплоти конструктивними елементами теплових мереж. При виконанні обчислень за варіантами для тієї самої схеми теплопостачання витрати теплоти для опалення окремої будівлі при вказаних кліматичних умовах було прийнято 0,25; 0,5 і 1 МВт.

Зафіксована відмінність результатів обчислень теплових втрат зворотними трубопроводами мережі для середніх відносних витрат мережної води 0,75 та 0,5 становить приблизно 3,5%, для опалювальної мережі в цілому – 1,5%.

МЕТОДИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМ ОПАЛЕННЯ

Алексахін О.О., Бобловський О.В., Єна С.В., Гордієнко О.П.

*Харківський національний університет імені В.Н.Каразіна ,
Харківський національний університет міського господарства ім.О.М. Бекетова,
Національний технічний університет «Харківський політехнічний
інститут», м Харків*

В сучасних умовах пріоритетним напрямком вирішення проблем житлово-комунального господарства є застосування ефективних енергозберігаючих технологій у галузі опалювальної техніки. Характерною особливістю життєзабезпечення великих міст України є наявність розгалужених систем централізованого водяного теплопостачання, їх складність структури і значна протяжність, що викликає помітні втрати теплоти. Невирішеною остаточно проблемою залишається порівняльний аналіз основних показників різних конструкцій систем централізованого водяного опалення в житлових будівлях.

У роботі наведено теоретичні дослідження теплових і гідравлічних режимів централізованих систем водяного опалення. Одним із способів підвищення їх ефективності є зниження витрат теплоти кінцевими споживачами.

Разом з додатковою теплоізоляцією зовнішніх огорожувальних конструкцій житлових будівель одним з методів енергозбереження є реконструкція існуючих систем централізованого водяного опалення. Конструктивно це здійснюється за рахунок можливості гідравлічного і температурного регулювання режимів роботи систем опалення в індивідуальному тепловому пункті, а також в поквартирній опалювальній системі. Дослідження показали, що системи централізованого водяного опалення, обладнані індивідуальними автоматизованими регуляторами, забезпечують високу ефективність економії енергії. Однак, особливості теплового і гідравлічного режимів автоматизованих систем опалення залежать від типу системи опалення, способу приєднання системи опалення до теплової мережі, методу автоматизованого регулювання.

Підвищення рівня теплової ізоляції зовнішніх огорожувальних конструкцій житлових будівель відповідно до сучасних нормативних вимог робить значний вплив на всі техніко-економічні показники систем централізованого водяного опалення. Однак, при збільшенні термічного опору зовнішніх слід враховувати зміну теплового режиму мікрорайонної системи теплопостачання в цілому.

Таким чином, оцінка ефективності різних конструктивних рішень систем опалення житлових будівель дозволить здійснювати техніко-економічний аналіз, порівняння альтернативних варіантів та значно розширить область пошуку оптимальних рішень.

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТЕПЛОПЕРЕНОСУ В ЕЛЕМЕНТІ СТАТОРА ТЯГОВОГО ЕЛЕКТРОДВИГУНА

Алексахін О.О., Єна С.В., Панчук О.В., Біловол Г.В.

*Харківський національний університет імені В.Н.Каразіна,
Національний технічний університет «Харківський політехнічний
інститут», Український державний університет залізничного транспорту,
м. Харків*

Необхідний температурний режим статора тягових електродвигунів силових установок дизель-електровозів забезпечується повітряною системою охолодження, яка утворена каналами круглого або прямокутного перерізу. При обчисленні витрат охолоджуючого повітря (G) з рівняння теплового балансу (1) використовують, як правило середню температуру поверхні стінки каналу ($t_{\text{ст}}$) та середні у перерізі значення коефіцієнтів теплообміну (α)

$$Q = \alpha F(t_{\text{ст}} - t_{\text{ср,п}}) = GC(t''_{\text{п}} - t'_{\text{п}}), \quad (1)$$

де Q – тепловиділення в елементі устаткування; $t_{\text{ср,п}}$ – середня температура охолоджуючого повітря у каналі; $t'_{\text{п}}$, $t''_{\text{п}}$ – температура повітря на вході до каналу системи охолодження й на виході з каналу відповідно; C – питома теплоємність повітря.

На відміну від циліндричних каналів при русі речовини у каналах прямокутного перерізу інтенсивність теплообміну між поверхнею стінки і речовиною змінюється по периметру перерізу. Наявність застійних зон у кутах прямокутного перерізу та більш помітний вплив цих зон на структуру потоку вздовж короткої сторони перерізу обумовлює той факт, що коефіцієнти тепловіддачі від поверхні короткої сторони перерізу помітно менше коефіцієнтів тепловіддачі до охолоджуючого повітря від поверхні довшої сторони. Це у свою чергу обумовлює деформацію температурного поля по периметру прямокутного каналу.

Розподіл температур в елементі статора електродвигуна визначено для стаціонарного теплового режиму. Задачу теплопровідності розв'язано у двовимірній постановці при граничних умовах третього роду методом елементарних теплових балансів. Розбивку розрахункової області здійснено нерівномірною сіткою з більшою щільністю вузлів у місцях більшого очікуваного градієнту температур. Проаналізовано вплив нерівномірності розподілу коефіцієнтів теплообміну на температурне поле матеріалу статора.. Використання пристроїв для інтенсифікації теплопереносу у каналах дозволяє помітно зменшити витрати енергії для роботи вентиляторів системи охолодження і сприяє зменшенню нерівномірності розподілу температури у статорі.

СПІЛЬНЕ ПРОЕКТУВАННЯ БАГАТОКОРПУСНОЇ ВИПАРНОЇ СТАНЦІЇ І МЕРЕЖІ ТЕПЛООБМІННИКІВ З ВИКОРИСТАННЯМ ПІНЧ- АНАЛІЗУ

Бабак Т.Г., Демірський О.В., Хавін Г.Л.
*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

Випарювання одна з найбільш енергоємних операцій, що використовується промисловістю для випаровування води з розведеного розчину. При проектуванні були розроблені різні способи зниження витрат енергії: багатокорпусні випарні станції (МВС), системи повторної компресії пара, закипання конденсату, паровідділення і попередній нагрів потоку сировини. У МВС пар з попереднього корпусу використовується в якості теплоносія для наступного. В результаті загальне споживання енергії значно зменшується; однак при додаванні корпусів збільшуються інвестиційні витрати. Дослідження компромісу між економією пари і додатковими інвестиціями в кількість корпусів є важливою техніко-економічною задачею, що має велику практичну цінність, вирішує задачу енергозбереження і екологічну безпеку суспільства.

Для проектування і модернізації дослідниками використовувалися різні підходи і пакети програмного забезпечення. Для теплової інтеграції та математичного програмування та оптимізації випарних систем особливо ефективно зарекомендувала себе методологія пінч-аналізу, що дозволяє вже на стадії попереднього проектування оцінити економічну доцільність проекту або заходів, що направлені на модернізацію випарної установки. Перш за все, це теплова інтеграція, спрямована на оптимізацію економії пара з попереднім нагріванням і без нього. У більшості цих досліджень розглядалися випарники, ізольовані від допоміжних процесів. Однак, природно припустити, що рішення, отримані в цьому випадку, можуть сильно відрізнятися від оптимальних рішень (Сміт і Джонс, 1990).

Пропонується виконувати інтеграцію випарників в загальний процес теплової інтеграції, де компроміс між капітальними витратами і вартістю енергії повинен розглядається в рамках загальної системи. При цьому в проект мережі теплообмінників, що забезпечує мінімальне споживання енергії, можуть бути додані випарні системи, теплова рекомпресія пари та інші допоміжні системи забезпечення випаровування.

Завдання формулюється на основі традиційних даних для розрахунку багатокорпусної установки: потоки, концентрації, витрати гарячих і холодних потоків, температури, різниці температур. Мета – виконати оптимізацію та теплову інтеграцію комбінованої мережі випарних апаратів і теплообмінників, що забезпечує установку мережі теплообмінників, мінімізуючи загальну річну вартість утиліт і інвестиційні витрати на випарники, теплообмінники і випарні ємності.

ЗБІЛЬШЕННЯ ЛІТРОВОЇ ПОТУЖНОСТІ ДВИГУНІВ СІМЕЙСТВА ВАЗ

Білик С.Ю., Сухомлінов Є.В.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

Метод збільшення об'єму двигуна, за рахунок збільшення ходу поршня широко використовується іменитими тюбінговими ательє і заводами при створенні нових автомобілів. Завдяки встановленню клонували зі збільшеним ходом - 80 мм, замість 66 мм. Таким чином можна збільшити обсяг двигуна до 1,5 (двигун 1,2). Для того щоб при запуску двигуна поршень не торкався головки циліндрів, адже хід поршня збільшився на 7 мм, будуть потрібні коротші, 129-і шатуни. Як показує практика, використання якісних шатунів є надійним варіантом, так - як ймовірність того, що поршень прогорає, значно зменшуються.

Важливо розуміти, що прогорання поршнів в більшості випадків є наслідком детонації. При зміні обсягу даним методом збільшується ступінь стиснення, коли поршень піднімається у верхню точку, він стискає суміш сильніше, ніж на стандартному ВАЗівському моторі. І це добре, тому що ступінь стиснення підвищує потужність двигуна. Виробники спортивних автомобілів часто створюють двигуни з високим ступенем стиснення.

Для досягнення запланованої мети було визначено рівняння Лагранжа та часткові похідні. Далі було визначено кутове прискорення, проведено чисельне моделювання, результати якого були використані для побудови графіків переміщення.

Для цього ми використовували відомі базові значення двигуна для наших розрахунків.

Як було сказано вище, обчисливши відомі дані, ми отримали результати таких величин, як: кінетична та потенційна енергія, рівняння Лагранжа, часткові похідні та спрощені часткові похідні.

Спираючись на все вищесказане, можна зробити висновок. Технічно можливо збільшити потужність тестового автомобіля, але за рахунок збільшення потужності витрата палива неминуче зросте. А також збільшити навантаження на коробку передач.

Література:

1. Вершигора В.А., Игнатов А.П., Новокшенов К.В., Пятков К.Б. - Автомобили "Жигули" моделей ВАЗ-2101, - 2102, - 21011: А22 Устройство и ремонт - Москва: Транспорт, 2008
2. Демиховский С.Ф., кандидат военных наук, Мелкий В.А., Шестопалов К.С. - Устройство и эксплуатация автомобилей "Жигули" и "Москвич". - 3-е изд. и доп. - Москва: ДОСААФ СССР, 1987

ПРОЦЕС ЗГОРЯННЯ ТВЕРДОГО ПАЛИВА В ПИЛОВУГІЛЬНОМУ ФАКЕЛІ

Борисенко О.М., Яровий Є.С.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

Пиловугільне спалювання твердого палива в енергетиці та в інших галузях промисловості застосовується з кінця 19 століття. Дослідження факельного спалювання вугілля систематизовані та узагальнені в ряді монографій, але до теперішнього часу немає одностайної думки про розуміння і сутності на деяких стадіях факела. У факелі відбувається горіння полідисперсних твердих частинок в неізотермічних турбулентних повітряних потоках, забаластованих випареною при сушінні вологою палива, газоподібними продуктами горіння горючих, твердими і пароподібними продуктами термохімічного перетворення мінеральної маси палива. Полідисперсний потік пилу палива, і гаряче повітря безперервно подають в топкову камеру через пальники, які повинні забезпечити оптимальні умови для займання і стійкого горіння палива.

Відповідно до характеру перетворення, швидкості горіння і темпу охолодження прийнято розділяти факел по довжині на початкову (прикорневу) зону, зону активного горіння (ядро факела) і зону догорання.

На початковій ділянці факела відбувається внутрішньо топкова підготовка палива до горіння (прогрів паливо-повітряної суміші; термічна деструкція, термоліз палива і формування коксових частинок «вуглецю» з включенням золи; створення летючих горючих з окислювачем, прогрів суміші), займання гомогенної суміші і додатковий прогрів коксових частинок.

У зоні активного горіння внаслідок значного збільшення температури в реакційній зоні різко зростають швидкості прогріву частинок і хімічних реакцій горіння, відбувається займання та вигорання основної маси палива. У зоні догорання хімічні реакції окислення вуглецю (коксу палива) протікають при низьких концентраціях кисню в умовах зниженого турбулентного масотеплообміну.

ОСОБЛИВОСТІ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ТА РОЗВИТКУ СУЧАСНОГО СТАНУ ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГЕТИКИ УКРАЇНИ

Глушко А.В., Ольховський П.О., Селевко А.М., Тимченко А.О.,

Надточій С.Ф.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

На сьогоднішній день перед спеціалістами енергетичної галузі постали дуже важливі питання стосовно розвитку сучасного стану теплової енергетики України. Одні з найпоширеніших питань, які зараз розглядаються у першу чергу це збільшення енергоефективності та енергозбереження. Перед нами постає задача по підвищенню ефективності роботи існуючих енергоблоків теплових електростанцій та електроцентралей, які займають одне з провідних місць у об'єднаній енергетичній системі України.

Енергоблоки є невід'ємною частиною енергетичної системи та включають в себе великий та складний технічний комплекс для виробництва електроенергії. Відповідно до Енергетичної стратегії України на період до 2035 року «Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність» передбачається підвищення енергоефективності на етапі генерації електро- та теплоенергії.

Важливе питання, яке потребує вирішення та вдосконалення, є у тому, що одні з головних елементів енергоблоків зазнають пошкоджуваності, що проявляється, наприклад, в утворення пор та тріщин. Велика частина виробничих об'єктів енергетичної галузі, включаючи складне устаткування і різного роду призначення конструкції, мають зварні з'єднання, яким характерний високий рівень структурно-механічної неоднорідності. У процесі тривалої експлуатації зварних з'єднань в структурі їх металу відбуваються складні фізико-хімічні процеси, що призводять до пошкоджуваності: Через виникнення цих проблем необхідно проводити зупинку енергоблоків, що негативно впливає на роботу.

Більшість таких елементів, як паропроводи, вже відпрацювали свій ресурс експлуатації. Найбільш вразливими місцями паропроводів є місця, де присутні саме зварні з'єднання. Тому вимоги до надійності роботи зварних з'єднань паропроводів, як одних з найважливіших елементів, з кожним роком збільшуються. Оцінка рівня структурного стану і пошкоджуваності металу зварних з'єднань елементів енергоблоків дозволяє визначити їх залишковий ресурс, що є важливим для енергетики України.

Зупинки роботи енергоблоків, які супроводжуються пошкоджуваністю металу зварних з'єднань, складають від 50 до 70% від загальної кількості необхідних зупинок. Такий стан роботи призводить до чималих фінансових збитків, що негативно впливає на сучасний стан економіки країни та зменшує кроки до досягнення ефективності роботи. Необхідним та важливим є вивчення механізму пошкоджуваності, задля її зменшення та, при цьому, збільшення ресурсу експлуатації елементів енергоблоків України.

ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ГУСТОТЫ РЕШЕТОК ВЕНТИЛЯТОРА ДВУХКОНТУРНОГО ТУРБОРЕАКТИВНОГО ДВИГАТЕЛЯ НА ЕГО ТЕРМОГАЗОДИНАМИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ

Даценко В.А.

*Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ»,
г. Харьков*

На сегодняшний день основным видом силовых установок, применяемых на самолетах гражданской и транспортной авиации, являются двухконтурные турбореактивные двигатели с большой степенью двухконтурности. Ключевую роль в таких двигателях играет вентилятор, который должен создавать высокий уровень тяги и от которого в значительной степени зависит экономичность двигателя в целом.

Для выполнения вышеупомянутых требований необходимо добиться повышения эффективности и совершенствования данного узла.

Основная задача при проектировании данного элемента заключается в профилировании лопаточного венца по высоте, т.е. подбор решеток профилей на каждом радиусе для заданных треугольников скоростей, обеспечивающих требуемый поворот потока при минимальных коэффициентах потерь. При этом густота решетки b/t (b – хорда пера лопатки; t – шаг решетки) является параметром, в значительной степени определяющим аэродинамическую нагруженность лопаточного венца.

Для анализа влияния густоты решетки на термозодинамические параметры лопаточного венца выполнены расчеты вентилятора, спроектированного на кафедре Теории авиационных двигателей, с разным количеством рабочих лопаток в венце.

В работе представлена характеристика вентилятора с различными значениями числа лопаток, показаны эпюры распределения термозодинамических параметров по высоте лопатки, определена граница устойчивой работы вентилятора.

В результате установлено, что изменение густоты решетки значительно влияет на вид характеристики, а именно, выбор оптимальной густоты может значительно улучшить обтекание лопаток и, соответственно, расширить область устойчивой работы.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО ЗАКОНА ОТКРЫТИЯ КЛАПАНА ПЕРЕПУСКА ТУРБОВАЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПЛАВНОЙ ДРОССЕЛЬНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Дегтярёв О.Д.

*Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ»,
г. Харьков*

Известно, что при эксплуатации газотурбинных двигателей (ГТД) частота вращения газогенератора часто не соответствует оптимальной. Это связано с достаточно широким диапазоном мощности при которой эксплуатируется двигатель. При этом во время работы на пониженных частотах вращения (пониженной мощности) ГТД не только достаточно сильно снижается общий КПД энергоустановки, но и из-за нерасчетного натекания потока на венцы лопаток компрессора значительно снижается его запас газодинамической устойчивости. Это может привести к помпажу компрессора двигателя и, как следствие, его разрушению. Такой режим работы допускать нельзя. Для увеличения запаса устойчивости работы компрессора применяются различные противопомпажные мероприятия. Одним из видов таких устройств является клапан перепуска, который открывается на определенных режимах работы компрессора. Основным сигналом для его открытия является физическая частота вращения ротора газогенератора двигателя. При открытии клапана перепуска характеристика компрессора резко изменяется. При этом скачкообразно изменяются параметры ГТД и вырабатываемая мощность. Работа посвящена подбору закона регулирования ГТД, который должен быть задействован в момент срабатывания клапана перепуска на открытие. Это необходимо для предотвращения резкого, практически «ударного» изменения частоты вращения вала газогенератора и резкого изменения мощности двигателя. В работе представлен закон изменения температуры газов перед турбиной компрессора T_g^* и запаса газодинамической устойчивости компрессора ΔK_y , при постоянных частоте вращения вала газогенератора и мощности ГТД от количества участвующего в перепуске воздуха (рис.1).

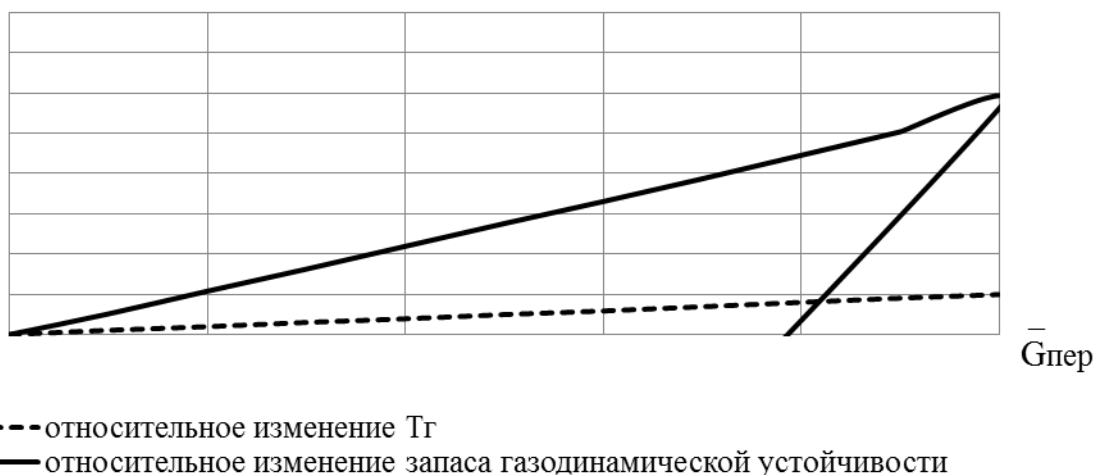


Рис. 1 – Зависимость относительного изменения T_g^* и ΔK_y от перепуска воздуха.

СТРУКТУРНА МОДЕЛЬ РЕМОНТІВ ЕНЕРГОБЛОКІВ АЕС З ВВЕР

Єфімов О.В., Каверцев В.Л.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

Рішення задач, що пов'язані з підвищенням надійності роботи енергоблоків АЕС з ВВЕР, яка визначається ремонтними циклами і тривалістю всіх видів ремонтів (поточний, середній, і капітальний) є актуальним завданням як на стадії проектування та виготовлення устаткування енергоблоків, так і в процесі його експлуатації. Оцінку рівня надійності енергоблоків АЕС, яка визначається їх ремонтним обслуговуванням, необхідно здійснювати, враховуючи такі чинники: – перший визначає фізичні властивості основного й допоміжного устаткування, його деталей та вузлів, тобто визначає його ресурсні характеристики, які впливають на тимчасові інтервали ремонтних циклів; – другий характеризує ремонтпридатність устаткування та енергоблоку АЕС в цілому, залежить від особливостей його конструкції та компоновки, що в кінцевому підсумку визначає тривалість ремонтів з усіх його видів; – третій характеризує якість ремонтів, тобто визначає ремонтні цикли енергоблоку з урахуванням можливих позапланових аварійних зупинок через недостатню якість виконання ремонтів, що вносить відповідні зміни в планові ремонтні цикли. Для здійснення цього завдання – оцінки показників надійності роботи енергоблоку АЕС, що визначається ремонтним обслуговуванням, доцільно застосувати системно-фрагментарний підхід. Тобто, подати енергоблок АЕС з ВВЕР у вигляді системи. Фрагменти це об'єднане в цю систему технологічне устаткування (складові енергоблоку) та їх технологічні зв'язки. Для цього, пропонується використовувати структурну, багаторівневу модель ремонту. У запропонованій структурній моделі ремонту енергоблоку АЕС з ВВЕР, перший рівень опису моделі ремонту включає до себе: 1 – реакторну установку; 2 – турбінну установку; 3 – електрогенератор; 4 – відкритий розподільчий пристрій; 5 – систему власних потреб; 6 – АСУ ТП та ін. Далі йде безліч підрівнів, для кожної складової першого рівня. Наприклад, для реакторної установки: корпус реактора, головний циркуляційний насос; головний циркуляційний контур; корпус парогенератора; устаткування компенсації тиску першого контуру; САОЗ (системи аварійного охолодження зони), спринклерні пристрої; вентиляційне устаткування; басейн витримки; устаткування захисту та управління технологічними процесами та ін. У свою чергу, кожен фрагмент (устаткування) цього підрівня розбивається на безліч більш малих фрагментів. Використання такої моделі може дозволити з досить точної мірою визначити технічний стан енергоблоку АЕС та його устаткування при плануванні графіків проведення ремонтів і ремонтних циклів. Крім того, в майбутньому таку модель можна використовувати в створенні автоматизованої системи планування різних видів ремонтів енергоблоків АЕС з ВВЕР.

СУЧАСНІ КОНСТРУКЦІЇ ПРОМИСЛОВИХ КОТЕЛЬНИХ АГРЕГАТІВ

Єфімов О.В., Ліфшиць В.Д. Каверцев В.Л., Ліфшиць П.В.

*Харківське котлобудівельне підприємство «Котлоенергопроект»,
Національний технічний університет «Харківський політехнічний
інститут», м. Харків*

При експлуатації багатопаливних котельних агрегатів важливим завданням є збереження номінальної температури перегрітої пари в широкому діапазоні використання співвідношень різних видів палив. З цією метою пальники низькокалорійного палива зазвичай розміщують в нижній частині топки, а пальники висококалорійних палив – в верхніх ярусах. Однак, це призводить до зростання кількості пальників й, таким чином, ускладнює конструкцію котла, робить складним підтримку оптимального паливо-повітряного режиму роботи топки. Проблеми, що пов'язані зі спалюванням низькокалорійних газів спільно з висококалорійними, успішно вирішуються при використанні саморегулюючих багатопаливних плоскофакельних пальників. Використання плоскофакельних пальників в багатопаливних котлах забезпечує:

- зниження кількості пальників від $6 \div 10$ до 2 шт. на котлах паропродуктивністю від 75 до 230 т/год (тиск пара від 3,9 до 10 МПа, температура перегрітої пари від 440 до 540 °С), що спрощує схему газоповітропроводів, експлуатацію котлів, підвищує надійність роботи і збільшує в $1,5 \div 2$ рази міжремонтний період роботи котлів;

- зменшення сірчаноокисотної корозії та забивання відкладеннями низькотемпературних поверхонь нагріву (економайзерів, повітропідігрівників), які при спалюванні містять сірку палив – коксового газу і мазуту; - стабілізацію температури перегрітої пари в широкому діапазоні зміни частки доменного газу при спалюванні його спільно з коксівним і природним газами і мазутом; - зниження на 30-40% викидів оксидів азоту.

В ряді випадків особливості конструкції промислових котельних агрегатів визначаються не тільки профілем підприємства, де вони встановлені, а й умовами для їх експлуатації. Прикладом цього може служити конструкція котельного агрегату з природною циркуляцією без застосування барабана (безбарабанні котельні агрегати). Котельні агрегати безбарабанного типу з природною циркуляцією доцільно застосовувати при використанні живильної води з високим солевмістом (до 2500 мг/ кг). В них сепарація пароводяної суміші здійснюється в циклонних сепараторах, до яких підходять циркуляційні контури пароводяного тракту. Основними перевагами безбарабанних котлів є: можливість роботи на живильній воді з високим солевмістом; можливість швидкого запуску (вихід на робочі параметри протягом 10 хв.) внаслідок відсутності товстостінних елементів (барабану); мінімальна теплова інерція; можливість виготовлення всіх елементів котла спеціалізованими ремонтними організаціями.

ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕПЛОВИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЕКРАННО- ВАКУУМНОЇ ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЇ (ЕВТІ) ІЗ НОВИМИ ПРОКЛАДКОВИМИ МАТЕРІАЛАМИ

Жунь Г.Г., Батогов Д.Ю.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

Збільшуючі із кожним роком масштаби використання кріогенних температур і зріджених газів поставили вимоги значного покращення теплозахисних конструкцій на кріопосудах та кріопристроях. Для цього їх стали ізолювати (як у нашій країні, так і за кордоном) шарами екранно-вакуумної теплоізоляції (ЕВТІ), калориметричні зразки якої характеризуються найменшими коефіцієнтами теплопровідності ($\lambda_{\text{эф}}$). Але, на перших вітчизняних кріопосудах пакети такої теплоізоляції із екранною поліетилентерефталатною плівкою (ПЕТФ–ДА) та прокладковим матеріалом між ними із скловуалі ЕВТІ–7 виявилися неефективними, так як мають в 11–13 разів більші теплопровідності $\lambda_{\text{эф}}$ у порівнянні з калориметричними зразками. Проведені дослідження показали, що причиною цього є клеєва основа (із ПВА), яка застосовується для склеювання тонких скляних ворсин в ЕВТІ–7. При виготовленні кріопосудів їх ізоляційні порожнини в спеціальних електропічках нагріваються до температури 380–390 К протягом 6–7 діб із вакуумуванням з метою глибокої дегазації матеріалів, що повинно було забезпечити отримання в теплоізоляції оптимального тиску газів ($P_0 \leq 10^{-3}$ Па) на протязі 10–15 років їх експлуатації. В результаті такого нагрівання клеєва основа в ЕВТІ–7 розм'ягчається, що призводить до злипання шарів ЕВТІ та різкого зростання їх теплопровідності. Дана скловуаль ЕВТІ–7 була розроблена для застосування в теплоізоляції непрогріваємих космічних кріостатів, в шарах якої оптимальний тиск газів P_0 досягається без прогрівання, а шляхом з'єднання з космічним простором. З цього випливало, що застосовувати скловуаль ЕВТІ–7 в шарах ЕВТІ на прогріваємих кріопосудах неможливо.

У зв'язку з цим для пакетів ЕВТІ кріопосудів стали розробляти та виготовляти нові прокладкові матеріали по бумагоробній технології «мокрим способом» (без клея) із целюлозних (Ц), лавсанових (Л), базальтових (Б), віскозних (В), термаленових (Т) та інших волокон. В результаті, при застосуванні, наприклад, на кріопосуді Х–34Б ємність 35 л в шарах ЕВТІ нової прокладкової бумаги ТСНТ–10 (із 65 % Ц + 30 % Л + 5 % Т) був отриманий коефіцієнт теплопровідності для інтервала 78–294 К рівний $4,1 \cdot 10^{-5}$ Вт/(м·К), який на 24 % виявився вищим від калориметричного його значення. Ресурс роботи кріопосуда Х–34Б із такою теплоізоляцією при разовому заповненні рідким азотом виявився рекордним, рівним 340–345 діб, що на 180–200 діб більше від кріопосуда з теплоізоляцією із ПЕТФ–ДА + ЕВТІ–7.

ПРИСКОРЕНЕ ВИЗНАЧЕННЯ ТЕПЛОВИХ ХАРАКТЕРИСТИК ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ КРІОПОСУДІВ

Жунь Г.Г., Борщ О.Є.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

В останні роки різко збільшилося використання кріогенних температур і рідких кріоагентів у ракетно–космічній техніці, енергетиці, кріомедицині, тваринництві та інших галузях, що потребують виготовлення значної кількості різних кріопосудів із теплозахистом із високоефективних шарів екранно–вакуумної теплоізоляції (ЕВТІ).

У відповідності з технологією кожен виготовляємий кріопосуд має підлягати тепловим випробуванням із рідким азотом для встановлення їх теплової ефективності. З цією метою кріопосуд заповнюється на $\frac{3}{4}$ рідким кріоагентом. Після цього через 2 доби слідує перше зважування кріопосуда з рідким азотом, а ще через 2 доби – друге, що дозволяє визначити середньодобову величину випаровування азоту (m_c), яка і є тепловою характеристикою виготовленого кріопосуда. Для якісних кріобіологічних посудів, наприклад Х–34Б, з широкими горловинами (діаметр 50 мм) і ємністю 35 л допустима величина випаровуваності азоту не повинна перевищувати 150 г/добу.

Проведені дослідження запропонованої технології випробувань для кріопосудів Х–34Б показали, що отримані для них величини випаровуваності m_c є на 20–30 % заниженими. Було встановлено, що причиною цього є значне переохолодження смуг теплоізоляції із ЕВТІ через горловину після заповнення кріопосуда рідким азотом та бурхливим його початковим випаровуванням. Через 2 доби температура шарів ЕВТІ ще не стабілізувалася і була пониженою, що обумовлювало зменшення через них теплопритоків і випаровуваності рідкого азоту із кріопосуда. З цього випливала необхідність значної переробки всієї технології випробувань шляхом збільшення тривалості та площ цеха для їх проведення.

У зв'язку з цим була розроблена нова технологія випробувань. Для цього попередньо в широкі горловини досліджуємих кріопосудів вставлялися спеціально виготовлені щільні полістиролові пробки з центральним отвором діаметром 10 мм, через який в кріопосуд заливався рідкий азот. В результаті протягом доби пари азоту виходили із кріопосуда через цей отвір в пробці і не переохолоджували горловину та примикаючи до неї шари ЕВТІ. Через добу пробка виймалася в горловини і пари азоту вже охолоджували горловину і теплоізоляцію. Потім через 2 доби (як у попередній технології) проводили перше зважування кріопосуда, а ще через 2 доби наступне. Визначена таким чином величина випаровуваності m_c вже була істинною. Розроблена нова технологія випробувань для кріопосудів дозволила визначити для них реальні теплові характеристики без збільшення часу та площ цеха для їх проведення.

ВПЛИВ ТЕПЛОВИХ ВТРАТ ПО ДОВЖИНІ ТЕПЛОВОЇ МЕРЕЖІ ПРИ РЕГУЛЮВАННІ ТЕПЛОВОГО НАВАНТАЖЕННЯ

Збараз Л.Й., Ганжа А.М., Павлова В.Г., Савраєва Ю.І.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

У процесі налагодження гідравлічного режиму теплової мережі вирішується завдання визначення витрати теплоносія через кожен тепловий ввід. Навіть невеликі децентралізовані системи теплопостачання проектують для забезпечення тепловою енергією декількох споживачів. При цьому регулювання теплового навантаження здійснюється якісним методом - зміною температури мережевої води в залежності від температури зовнішнього повітря. Підключене до джерела теплове навантаження визначається як сума теплових навантажень всіх підключених абонентів.

Однак, при транспорті теплоносія навіть при непротяжній тепловій мережі мають місце теплові втрати, які складають від 3% до 15% підключеного теплового навантаження. Найчастіше при виборі обмежувальних пристроїв для абонентських приєднань налагоджувальні служби теплопостачальних організацій ці втрати не враховують, що веде до недовідпуску теплової енергії споживачам.

Як правило, при регулюванні теплового навантаження конфігурація теплотрас вже відома. Відомий, так само, і спосіб прокладки трубопроводів. Цього достатньо, щоб визначити теплові втрати для всієї системи теплопостачання.

Розрахунок обмежувальних (звужувальних) пристроїв проводиться для заданого температурного графіку - 95-70 °С, або 105-70 °С. Останнім часом, з метою зниження теплових втрат і переходом на альтернативні види палива, системи теплопостачання проектують на температурний графік 90-70 °С або навіть 85-60 °С.

При наявності протяжної теплової мережі для коректної роботи всіх її ланок необхідно або відрегулювати роботу джерела теплопостачання на роботу згідно з температурним графіком на 3÷5 °С вище (98-70 °С), ніж для внутрішньобудинкової системи опалення, або забезпечити на абонентських вводах витрату трохи більшу, ніж проєкту, щоб уникнути недогріву будівлі.

На наш погляд, більш прийнятним буде якісний облік теплових втрат, тобто дотримуватися температурного графіка на джерелі трохи вище, ніж у споживачів. Це пов'язано з тим, що в останні десятиліття внутрішньобудинкові системи опалення проектують на роботу згідно з температурним графіком 95-70 °С, і зниження температури або витрати на вході в систему опалення призведе до зниження температури всередині приміщення. Встановлені опалювальні прилади не забезпечать комфортну температуру всередині приміщення. Крім того, збільшення витрати теплоносія через теплові мережі призведе до збільшення витрат електроенергії на перекачку теплоносія.

МОДЕЛЮВАННЯ КОТЕЛЬНИХ АГРЕГАТИВ ДЛЯ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ ВИРОБНИЦТВА

Каверцев В.Л., Дягілев В.О.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

Математичне моделювання парового котла є складним завданням, рішення якої необхідно для цілого ряду прикладних задач, в тому числі для настройки і ефективного функціонування систем автоматичного регулювання (САР) та автоматизованого управління (АСУ) [1]. Складність завдання обумовлена великою кількістю параметрів, що входять в математичні моделі і різних коефіцієнтів, що визначають взаємозв'язок між параметрами. Оптимізація систем управління режимами роботи парового котла являє собою задачу багатокритеріальної, багатопараметричної оптимізації. У зв'язку з тим, що котел є основним енергетичним устаткуванням на теплових електростанціях і котельнях, а зниження витрат енергії є серйозною виробничою проблемою, рішенням якої присвячені основні положення енергетичної Стратегії України [2], розробка енергозощаджувальних систем для управління котельним агрегатом є актуальною і своєчасною темою. Зважаючи на велику кількість визначальних параметрів і складних взаємозв'язків між ними вузлами котельного агрегату загальна повна математична модель і, відповідно, функція енергетичних втрат можуть бути досить складними для аналізу і безпосередньої оптимізації. Тому для розробки практичних законів автоматичного управління котельним агрегатом шляхом оптимізації основних технологічних процесів доцільно побудувати редуцировану математичну модель котла, що включає окремі моделі основних робочих процесів (і, відповідно, функції енергетичних втрат в кожному з них і моделі основних кореляційних взаємозв'язків між цими процесами).

Загальна задача математичного моделювання режимів роботи парового котла полягає у встановленні функціональних залежностей між векторами вхідних, вихідних, внутрішніх параметрів і зовнішніх впливів. Отримання функціональних залежностей при максимально можливому (без істотного збитку для математичного опису основних технологічних процесів і енергетичних втрат) скороченню кількості змінних і параметрів взаємозв'язків між суміжними робочими процесами і становить практичну задачу моделювання парового котла як об'єкта управління.

Важливо розуміти при розробці таких систем вплив теплових витрат, при спалюванні палива і гідроаеродинамічні витрати на ефективність роботи котла.

Розробити загальний принцип формування доцільної моделі котла та основні напрямки зниження витрат енергії в котлі і будуть основними цілями подальшої наукової роботи.

Література:

1. Автоматизація теплоенергетичних установок теплових і атомних електростанцій. / Дуель М. А., Шелепов І. Г. // Харків, 2007. - 312 с. 2. Енергетична стратегія України на період до 2030 року // Інформаційноаналітичний вісник «Відомості Міністерства палива та енергетики України». Спеціальний випуск. - 2006. - 113 с.

ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ В ДИЗЕЛІ ТУРБУЛІЗУЮЧОЇ КАМЕРИ ЗГОРЯННЯ

Карягін І.М., Пильов В.О., Бондальєр А.С.

Національний технічний університет

«Харківський політехнічний інститут», м. Харків

В форсованих дизелях за рахунок збільшення циклових подач палива можливо локальне перебагачення суміші в пристінкових зонах камери згоряння (КЗ). Цей факт призводить до погіршення економічних і екологічних показників. У той же час вплив одного з основних факторів, що впливають на сумішоутворення і згоряння – форми камери згоряння, досліджено недостатньо. Одним із шляхів вирішення вказаної проблеми є застосування камери згоряння з турбулізуючими елементами.

Оцінити зміни руху заряду в КЗ можна непрямыми методами. На кафедрі ДВЗ НТУ «ХПІ» проведені дослідження з використанням фізичних і математичних методів моделювання. Зокрема виконані порівняльні експериментальні дослідження двигуна 4ЧН12/14 з дослідною і традиційною циліндричною КЗ.

Результати проведених досліджень дозволили виявити закономірності впливу на ефективність тепловиділення підвищеної локальної турбулізації заряду з урахуванням рівня форсування дизеля. Застосування камери згоряння з турбулізуючими елементами інтенсифікує сумішоутворення в пристінкових зонах, підвищує швидкість тепловиділення на початку розширення, що покращує показники досліджуваного дизеля. Водночас, форсування дизеля приводить до підвищення температурного і термонапруженого стану поршня. Особливо це стосується кромки КЗ. В умовах експлуатації дизеля при частих змінах режимів навантаження це приводить до втрати фізичної надійності конструкції та потребує застосування додаткових заходів щодо забезпечення заданого ресурсу конструкції.

Наявність турбулізуючих елементів в КЗ конструктивно утворює в означеній камері додаткові гострі кромки. Вказане вище потребує проведення додаткових досліджень конструкції поршня з турбулізуючими елементами на предмет встановлення рівня його ресурсної міцності. На даному етапі досліджень з використанням методики кафедри ДВЗ НТУ «ХПІ» здійснено моделювання та порівняльний аналіз стаціонарних полів температур і термічних напружень поршнів з дослідною і традиційною циліндричною КЗ. Рівень форсування дизеля 4ЧН12/14 прийнято 23,5 кВт/л. Встановлено, що використання поршня дослідної конструкції приводить до зростання температур кромки КЗ на 10 К, але до зменшення термічних напружень на 4 МПа. Попередні оцінки ресурсної міцності, що виконані на цій основі, засвідчують про працездатність дослідної конструкції.

Подальший напрям робіт пов'язаний з моделюванням перехідних процесів навантаження поршня з отриманням розмахів температур та термічних навантажень, що дозволить використовувати уточнені методики прогнозування фізичної надійності кромки КЗ.

РЕКУПЕРАТОР З ЕФЕКТОМ ТЕПЛОВОГО НАСОСУ

Копилов О. О., Боровенський Я.О.

***Харківський національний університет Повітряних Сил
імені Івана Кожедуба, м. Харків***

Для підвищення енергозбереження та зменшення теплового забруднення навколишнього середовища доцільно утеплення будинків і споруд та використання при їх опаленні теплових насосів [1], які розсіюють теплову енергію повітря, ґрунту чи води трансформують у тепло для опалення. При цьому зібрана з навколишнього середовища опалювальна енергія може бути в декілька разів більша за енергію необхідну для роботи самого теплового насоса. Для зменшення втрат тепла при провітрюванні використовують рекуператори, призначені для використання тепла витяжного повітря для підігрівання припливного. Є різні конструкції рекуператорів, які повертають взимку від 40 до 90 відсотків теплової енергії. Особливо важливим є уникнення втрат теплової енергії при провітрюванні приміщень. Такий рекуператор буде не тільки повертати всі 100 відсотків тепла витяжного повітря, але й одночасно надавати йому енергію за рахунок охолодження витяжного повітря нижче температури зовнішнього середовища. Тобто він одночасно буде виконувати роль теплового насоса, який виконує функцію додаткового опалення приміщення. В зв'язку з системним підходом до пошуку шляхів підвищення енергозбереження виникає інтерес до додаткових можливостей теплових насосів та до використання з цією метою елементів Пельтьє[2].

Розглянуто різні види теплових насосів і обґрунтовано вибір елементів Пельтьє для формування штучних конвекційних потоків газу. Створено експериментальну установку – формувач штучних конвекційних потоків на елементах Пельтьє, яка показує можливість одночасного формування двох штучних конвекційних потоків: в одному каналі з температурою на виході вище, а в другому – нижче за температуру навколишнього середовища.

Розроблено пропозиції по використанню формувача штучних конвекційних потоків для створення рекуператорів з ефектом теплового насоса, а також кондиціонерів з припливним повітрям.

Література:

1. Арсеньєв В. М. Теплові насоси: основи теорії і розрахунку : навчальний посібник / В.М. Арсеньєв, С. С. Мелейчук. – Суми : Сумський державний університет, 2018. – 364 с.
2. Христян. Є. В., Титаренко І. В. Використання термоелектричних модулів у кондиціонерах повітря випарного типу. - Наука та прогрес транспорту// Вісник Дніпропетровського нац. ун-та залізн. транспорту, 2008 с.97-100.

ВИБІР ПАРАМЕТРІВ ТУРБІНИ ТУРБОВАЛЬНОГО ГТД БЕЗ ПЕРШОГО СОПЛОВОГО АПАРАТУ СИЛОВОЇ ТУРБІНИ

Кошель А.А., Кіслов О.В.

*Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»,
м. Харків*

Розглянуто проблематику проектування, вибору параметрів та газодинамічної ефективності турбін турбовального ГТД з силовою турбіною без першого соплового апарату. Для реалізації такої схеми турбіни ротори турбіни компресора і силової турбіни повинні мати протилежний напрямок обертання.

Метою роботи є оптимізація параметрів першого ступеня силової турбіни без соплового апарату та параметрів останнього ступеня турбіни компресора за критерієм максимуму коефіцієнта корисної дії цих двох ступенів турбін та надання рекомендацій для проектування турбін з силовою турбіною без першого соплового апарату.

Використовувався метод математичного моделювання робочого процесу турбіни на середньому радіусі [1], який доопрацьовано для урахування відсутності першого соплового апарату силової турбіни.

Використання в якості критерія ефективності загального ізоентропного ККД двох ступенів турбіни пояснюється тим, що для забезпечення ефективної роботи силової турбіни без соплового апарату необхідно мати високу закрутку потоку на вході у робоче колесо C_{1U} (окружну проекцію абсолютної швидкості), яку забезпечує попередній ступінь турбіни, а при збільшенні закрутки в останньому ступені турбіни компресора, його ККД зменшується.

Закрутка потоку після турбіни компресора залежить в основному від ступіня реактивності та висота робочої лопатки останнього ступеня, тому виконано дослідження впливу цих параметрів на спільну ефективність двох суміжних ступенів турбін.

У результаті дослідження виявлено, що:

- існує оптимальне значення ступіня реактивності останнього ступеня турбіни компресора, при якому загальний ізоентропний ККД двох суміжних ступенів має максимум;
- максимальна величина загального ізоентропного ККД двох суміжних ступенів знаходиться приблизно на том же рівні, що і у звичайних турбін;
- зменшення висоти лопаток неефективно, оскільки збільшення швидкості потоку збільшує профільні та концеві втрати.

Література:

1. Газодинамический расчет осевой газовой турбины / Г.В. Павленко, А.Г. Волков. – Учебное пособие. – Харьков: Нац. аэрокосм. ун-т «Харьк. авиац. ин-т», 2007. – 76с.

ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ РЕГЕНЕРАТИВНИХ ТЕПЛООБМІННИКІВ СКЛОВАРНИХ ПЕЧЕЙ

Кошельнік О.В., Гойсан С.Б.

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Харківський національний університет ім. В.Н. Каразіна, м. Харків

При експлуатації високотемпературних теплотехнологічних установок скловарного виробництва завжди постає питання в підвищенні коефіцієнта корисної дії основного агрегату – скловарної печі. Головна мета при цьому – знизити сумарний показник втрат печі. До основних втрат відносять: технологічні втрати палива (випал); витрати теплоти на випаровування вологи із сировини; втрати теплоти з вихідними газами; втрати теплоти через стіни печі в навколишнє середовище.

Серед цього переліку слід приділити особливу увагу втратам теплоти із вихідними газами, оскільки температура газу на виході із печі складає 1400 – 1500 °С. Тому для утилізації цієї теплоти та підігріву повітря горіння, як правило, використовують регенератори, рідше рекуператори.

Регенератор – це теплообмінник, всередині камери якого знаходяться теплоакумуючі елементи. Як правило, середня площа насадки регенераторів складає 1,1-1,8 м³ на 1 м² варильної частини печі. Щоб зменшити втрати з вихідними газами, за використанням регенераторів даної конструкції необхідно змінювати конструктивні параметри апарату (збільшенням кількості теплоакумуючих елементів та підбір оптимальної схеми насадки).

Однак інколи не можливо досягти зменшення втрат без зміни габаритних характеристик утилізаційних установок. При комплексному підході щодо вирішення даної проблеми необхідно розглядати нові конструкції насадки та використовувати вогнетривкі матеріали. Одним із шляхів при цьому є застосування теплоакумуючих елементів з фазовим переходом. Конструктивно вони являють собою вогнетривку цеглу з внутрішніми порожнинами, що заповнюються хімічними сполуками, які при нагріванні змінюють свій фазовий стан, а про охолодженні – віддають приховану теплоту плавлення повітрю горіння. Це дозволить значно підвищити кількість переданої теплоти за цикл роботи регенератора без зміни його основних розмірів. Але для вирішення цього питання необхідно проведення додаткових досліджень щодо вибору теплоакумуючих матеріалів насадки регенеративних теплообмінників.

ВИКОРИСТАННЯ СИСТЕМ ВИПАРНОГО ОХОЛОДЖЕННЯ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ СКЛОВАРНИХ ПЕЧЕЙ

Кошельнік О.В., Долобовська О.В.

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Харківський національний університет ім. В.Н. Каразіна, м. Харків

Інтенсифікація роботи агрегатів при виробництві скломаси пов'язана з необхідністю підвищення температури варіння. Поряд із цим, як показує досвід промислової експлуатації скловарних печей, ефективність їхньої роботи в значній мірі визначається також стійкістю варильного басейну та ефективністю застосовуваних систем охолодження. Вогнетривка кладка варильного басейну піддається найбільш інтенсивному руйнуванню, у першу чергу, на рівні дзеркала розплаву скломаси, що призводить до необхідності передчасної зупинки агрегату для проведення трудомістких ремонтних робіт, незважаючи на задовільний стан склепіння і подини печі.

З метою підвищення стійкості вогнетривкої кладки ванни печі при варінні скломаси розроблені рекомендації з вибору параметричних характеристик і удосконаленню конструктивних елементів системи випарного охолодження (СВО). Конструктивні параметри елементів і устаткування СВО обрані на основі комп'ютерних розрахунків температурних полів у парогенеруючих елементах і розрахунку теплогідравлічних характеристик.

При частковому руйнуванні кварцового бруса й матеріалу наповнювача на зовнішній поверхні екранних труб СВО утвориться шар гарнісажу з боку розплаву скломаси, що перешкоджає подальшому руйнуванню варильного басейну. Істотним є те, що при цьому в чотири-п'ять разів знижується рівень температур на зовнішній поверхні огороження агрегату, що знижує теплові втрати у навколишнє середовище, до поліпшення умов праці обслуговуючого персоналу.

Дана система охолодження забезпечить можливість одержання насиченої пари за рахунок використання теплоти, що втрачається з зовнішньої поверхні огороження варильного басейну в навколишнє середовище при одночасному підвищенні стійкості стін печі. При цьому також відкриваються перспективи створення комбінованого енерготехнологічного комплексу для виробництва скломаси та електричної енергії при установці утилізаційної парової турбіни.

ВИКОРИСТАННЯ БІОГАЗУ В ЯКОСТІ ПАЛИВА В ДВИГУНІ З ПРИМУСОВИМ ЗАПАЛЮВАННЯМ ПАЛИВО-ПОВІТРЯНОЇ СУМІШІ

Кравченко С. С., Мушинський А.І., Кравченко І.С.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

Біогаз – суміш метану та інших газів, що утворюються в результаті розпаду органічних речовин. Природнім чином генерується на сміттєзвалищах та в результаті переробки відходів сільського господарства. Основними компонентами є метан (50-60%) та діоксид вуглецю.

В роботі наводяться й аналізуються результати чисельного дослідження основних характеристик автомобільного двигуна 4Ч7,9/8,0, для якого в якості палива використовували біогаз, що отримано з твердих побутових відходів (ТПВ) (вміст метану 45%), біогаз з навозу (вміст метану 63%) та очищений і збагачений біометан (вміст метану 95,5 %).

В якості критерію економічності біогазового ДВЗ обрано ефективний ККД двигуна η_e . Це викликано тим, що питома ефективна витрата палива g_e не може бути об'єктивним показником, так як при збільшенні долі CO_2 в паливі витрата біогазового палива буде пропорційно збільшуватися.

Результати дослідження показують, що використання біогазу, який вироблено з ТПВ, біогазу з навозу та біометану потужність двигуна падає, відповідно, на 22,2 %, 16,6 % та 9,1% у порівнянні з роботою двигуна на бензині. Пояснити це можливо зниженням нижчої теплоти згоряння палива та наявністю в паливі значної кількості CO_2 , що має порівняно високу теплоємність (за температурою 1500°C теплоємність CO_2 складає $44,035 \text{ кДж}/(\text{кмоль}^\circ\text{C})$). Це означає, що CO_2 буде вбирати в себе значну кількість теплоти. Тому підвищений вміст CO_2 в паливі призводить до зменшення максимального тиску і температури циклу. Не дивлячись на зменшення температури робочого тіла та тиску в циліндрі ефективний ККД двигуна майже не змінюється та становить близько 32%. Більш того, зменшення максимальної температури циклу призводить до значного зменшення утворення токсичного компоненту NO_x (до 65%).

Таким чином, виходячи з розрахункового дослідження, а також з аналізу літератури можна зробити висновок, що біогаз можна досить ефективно використовувати в двигунах з примусовим запалюванням.

Крім того, біогаз має більші значення метанового числа, що означає розширення меж бездетонаційного згоряння. Це дозволяє підвищити ступінь стиснення, і таким чином, підвищити ефективність циклу та компенсувати зниження ефективної потужності двигуна.

ВЛИЯНИЕ ЗАКРУТКИ ПОТОКА ПЕРЕД ДИФFUЗОРОМ ГАЗОВОЙ ТУРБИНЫ НА ЕЕ ЭКОНОМИЧНОСТЬ

Лапузин А. В., Субботович В. П., Юдин Ю. А., Малимон И. И.

*Национальный технический университет
«Харковский политехнический институт», г. Харьков*

На статическом аэродинамическом стенде кафедры турбиностроения НТУ «ХПИ» исследован кольцевой диффузор с конической наружной границей (угол конусности $8,6^\circ$) и цилиндрической внутренней границей. В диффузоре расположено пять силовых стоек, осевая длина которых (80мм) составляет $2/3$ длины диффузора. Степень расширения диффузора – 1,95.

Режимы испытаний: число Маха на входе $\sim 0,43$, число Рейнольдса по входному наружному диаметру $\sim 1,3 \cdot 10^6$, степень турбулентности $\sim 1\%$, угол закрутки на входе $\Delta\alpha = 0^\circ, 4^\circ, 8^\circ, 12^\circ, 16^\circ, 21,5^\circ$.

Переменные в радиальном и тангенциальном направлениях параметры пространственного потока измерялись пятиканальными ориентируемыми пневмозондами в нескольких поперечных сечениях диффузора.

Результаты испытаний представлены в таблице, в которой P_1 , P_1^* – осредненные избыточное давление и давление торможения перед диффузором, G – расход; ζ , $\zeta_{\text{вн}}$, ζ_i – коэффициенты внутренних, выходных и полных потерь диффузора:

$\Delta\alpha$, град.	P_1 , кгс/м ²	P_1^* , кгс/м ²	G , кг/с	ζ	$\zeta_{\text{вн}}$	ζ_i
0	-666	595	1,56	0,150	0,330	0,480
4	-611	602	1,52	0,175	0,325	0,500
8	-648	664	1,55	0,185	0,335	0,500
12	-625	669	1,56	0,210	0,320	0,530
16	-615	715	1,55	0,210	0,370	0,580
21,5	-400	980	1,54	0,380	0,400	0,780

Выводы.

1. При фиксированном расходе газа через диффузор увеличение угла закрутки потока перед ним сопровождается ростом давления и давления торможения во входном сечении диффузора.
2. Закрутка потока до $\sim 12^\circ$ практически не влияет на уровень потерь в диффузоре.
3. По мере увеличения закрутки потока от 0° до $21,5^\circ$ потеря с выходной скорости изменяется незначительно, а внутренние потери увеличиваются в 2,5 раза.

АНАЛІЗ ВПЛИВУ ЗАТУРБІННОГО ДИFUЗОРА НА ЕКОНОМІЧНІСТЬ ГАЗОТУРБІННОЇ УСТАНОВКИ ГТЕ-115 АТ «ТУРБОАТОМ»

Лапузін О. В., Суботович В. П., Юдін Ю. О., Малимон І. І.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

Застосування дифузора за газовою турбіною суттєво збільшує коефіцієнт корисної дії турбіни, розрахований по тиску газу за дифузором

$$\eta_0 = \frac{\eta_{a^3}}{(1 - \xi \cdot \xi_{a\phi})}.$$

В цій формулі η_{a^3} – розрахований по тиску газу перед дифузором відносний внутрішній ККД лопаткової частини турбіни, $\xi_{a\phi}$ – відносні втрати з вихідною швидкістю турбіни, ξ – коефіцієнт відновлення тиску у дифузорі, замість якого часто використовується коефіцієнт повних втрат $\zeta_i = 1 - \xi$.

Визначити рівень підвищення потужності газової турбіни (і потужності ГТУ) за рахунок встановлення дифузора можна по формулі

$$\Delta N \approx G \cdot \left(\frac{C_1^2}{2} \right) \cdot \xi \cdot \eta_{a^3},$$

в якій G – витрата через останній ступінь, $\frac{C_1^2}{2}$ – абсолютна втрата з вихідною швидкістю турбіни, η_{a^3} – відносний внутрішній ККД останнього ступеня.

За орієнтовними оцінками АТ «Турбоатом» на номінальному режимі роботи ГТЕ-115 ККД турбіни $\eta_T = 0,91$, відносні втрати з вихідною швидкістю $\xi_{a\phi} = 0,03$, коефіцієнт відновлення тиску $\xi = 0,6$. Цим параметрам відповідає $\eta_{a^3} = 0,8936$. Таким чином наявність дифузора забезпечило підвищення ККД турбіни у 1,018 рази, а її потужності на 4,44 МВт (оскільки $G = 395$ кг/с, $C_1 = 215$ м/с, $\eta_{a^3} = 0,81$).

Завдяки наявності дифузора абсолютний електричний ККД ГТЕ-115 збільшився у 1,04 рази і досяг рівня у 33,12%.

Таким чином, роботи по модернізації дифузоров газова турбін є актуальними, оскільки при підвищенні коефіцієнта відновлення тиску в дифузорі всього на 0,1 ККД турбіни підвищується у 1,003 рази, ККД ГТЕ-115 у 1,0066 рази, а потужність на 0,74 МВт.

Актуальними є також питання впливу дифузора на роботу ГТУ на змінних режимах, коли на вході в дифузор змінюється рівень швидкості потоку і кут його відхилення від осевого напрямку.

МОДЕЛЮВАННЯ НЕСТАЦІОНАРНОГО ТЕРМОНАПРУЖЕНОГО СТАНУ ПОРШНЯ ТРАКТОРНОГО ДИЗЕЛЯ

Ліньков О.Ю., Кравченко С.О., Пильов В.В., Мордвинцева І.О., Карягін І.М.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

Загальновідомо, що для України від створення ефективного аграрно-промислового комплексу в значному ступені залежить динаміка розвитку національної економіки в цілому. Це визначається тим, що країна володіє значним земельним потенціалом, який становить понад 60 млн. гектарів, з яких близько 70 % є угіддями з високою родючістю. У порівнянні з іншими країнами Європи підвищення енергоефективності використання цих земель є вкрай актуальним питанням. Відповідно до цього в Україні проводяться різнопланові масштабні дослідження щодо наукового обґрунтування ефективного використання земель сільськогосподарського призначення. З метою проведення аналізу щодо підвищення ефективності використання земель застосовують методики, які передбачають встановлення економічного ефекту від використання земельних ділянок з урахуванням досягнутого рівня продуктивності праці. При цьому агрегатна потужність сільськогосподарської техніки та питома потужність їх дизелів мають стійку тенденцію до зростання.

Постійне підвищення рівня форсування дизелів приводить до необхідності роботи матеріалів деталей камери згоряння на межі міцності та появи випадків передчасного руйнування їх поршнів. Теоретичні засади таких випадків на сьогодні розроблено, їх пов'язують з частими і різкими змінами режимів навантаження двигунів. Тому на сьогодні постає задача дослідження теплонпруженого стану поршнів в перехідних процесах їх прогріву-охолодження в залежності від реальних умов експлуатації машинно-тракторних агрегатів. В Україні виділяють земельні ділянки за довжиною їх гону: до 200 м, 200-300 м, 300-400 м, 400-600 м, 600-1000 м і більше 1000 м. Найбільш розповсюдженою є ділянка довжиною 600 м, технологічний цикл роботи трактора для якої за статистичними даними складає 6 хв. За цей період поршень повністю прогривається від стану холостого ходу до стану максимальної потужності та знову охолоджується до початкового стану. Для відмінних умов експлуатації тривалість технологічних циклів відносно середнього лежить в інтервалі від 0,33 і менше до 1,66 і більше. Відповідні технологічні цикли нами змодельовано для поршня тракторного дизеля 4ЧН12/14. При цьому зменшення часу одиничного циклу приводить до збільшення кількості циклів навантаження поршня при менших розмахах температур і термічних напружень, а збільшення часу циклу – до зменшення кількості циклів при більших величинах розмахів термонавантажень. За отриманими даними запропоновано алгоритм регулювання охолодження поршня, що підвищує його ресурс в різних умовах експлуатації. Таким чином показано, що ефективність сільськогосподарського виробництва пов'язана не тільки з рівнем форсування використовуваних дизелів, а із ефективністю системи регульованого їх охолодження.

ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ПОРШНЕВИХ ДВИГУНІВ ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ У МАЛІЙ АВІАЦІЇ

Марченко А.П., Ліньков О.Ю.

***Національний технічний університет «Харківський політехнічний
інститут», м. Харків***

На відміну від транспортної та пасажирської авіації у малій авіації широко використовують поршневі двигуни внутрішнього згоряння. За оцінками різних фірм [1, 2] при потужності енергогенеруючих установок до 500...800 кВт найбільш ефективним є використання саме поршневих двигунів. Для невеликих значень потужності (приблизно до 50 кВт) широко використовують двотактні двигуни, для потужностей 70...200 кВт найбільш поширеними є конструкції чотиритактних двигунів що працюють на авіаційному бензині та гасі. Для потужностей >150 кВт, на наш погляд, найбільш прийнятним є використання дизельних двигунів внутрішнього згоряння. Вони мають кращі значення ККД та прийнятні відношення маси двигуна до його потужності. На сьогодні лише дев'ять моделей дизельних двигунів сертифіковані для використання в авіації.

Все більш гостро постають і питання екологічності енергетичних установок в авіації. Одним з рішень є використання накопиченого опиту для транспортних двигунів внутрішнього згоряння. Використання сучасних систем нейтралізації шкідливих речовин відпрацьованих газів звичайно приведе до збільшення маси енергоустановки але дозволить значно зменшити викиди шкідливих речовин у порівнянні з газотурбінними двигунами подібної потужності.

Одним з найбільш перспективних двигунів для застосування в авіації є дизельний двигун 5ТДФ та його сучасні модифікації. Серед його переваг можна вказати: малі габарити, низька питома потужність (близько 0,85 кг/к.с.) та можливість встановлення дублюючої системи подавання палива без значного доопрацювання конструкції двигуна. Саме модифікація цього двигуна є перспективною для застосування його у малій авіації та безпілотних апаратах.

Література:

- 1 Aero Diesels. URL: http://www.zoche.de/zoche_brochure.pdf, access 01.04.2007.
2. Центральный институт авиационного моторостроения имени П.И. Баранова. Авиационные поршневые двигатели XXI века. URL: <http://www.ciam.ru/press-center/interview/aviation-piston-engines-of-the-xxi-century/>, access 01.12.2017.
3. Двигуни внутрішнього згоряння: Серія підручників у 6 томах. Т.1. Розробка конструкцій форсованих двигунів наземних транспортних машин. / За редакцією проф. А.П. Марченка, засл. діяча науки України, проф. А.Ф. Шеховцова – Харків: Видавн. центр НТУ “ХПІ”, 2004.

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННОГО ПОКРЫТИЯ НА ТЕМПЕРАТУРНОЕ СОСТОЯНИЕ ДЫМОВОЙ ТРУБЫ

Никитин А.А., Тарасенко А.Н., Угольников С.В.

Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт» г. Харьков

В эксплуатации на внутренней поверхности дымовых труб может происходить конденсация водяного пара, содержащегося в продуктах сгорания топлива, и образование слабых растворов серной и угольной кислот, что приводит к интенсивному коррозионному разрушению. Во избежание таких явлений ограничивают снижение температуры уходящих газов. Нанесение на металл дымовых каналов труб теплоизоляционных покрытий способно привести к повышению температуры внутренней поверхности трубы и при одном и том же уровне точки росы к более полному использованию энергетического потенциала топлив за счет более глубокого охлаждения продуктов сгорания.

Рассмотрены результаты расчетной оценки влияния нескольких конфигураций теплоизоляции дымовой трубы на осевое распределение температур уходящих газов и ее внутренней поверхности. Расчеты выполнены для стальной трубы высотой 47 м, с внешним диаметром 3,2 м, с переменной толщиной стенки, в условиях фиксированных температуры продуктов сгорания на входе и температуры окружающей среды, при постоянном расходе газов. В качестве топлива принят природный газ Шебелинского месторождения. Выполнен поэлементный по высоте трубы тепловой расчет с применением метода последовательных приближений. Поперечное перетекание теплоты и термическое сопротивление металла не учитывались. Внутренний коэффициент теплоотдачи определен расчетом, а наружный как нормативный показатель.

Рассмотрены варианты трубы без покрытия, с однослойным внутренним покрытием и двухслойное покрытие (оба слоя внутри и двухстороннее). В качестве теплоизоляции рассмотрено покрытие поверхности полимерной латексной композицией с диспергированными полыми вакуумированными микросферами.

Для входной температуры газов 95°C в варианте без покрытия температура всей внутренней поверхности трубы ниже точки росы. Нанесение одного слоя изоляции (0,4 мм) при незначительном изменении температуры газа (на 2...3,5°C) повышает температуру стенки на 15...25°C и выводит ее из зоны конденсации. Влияние двухслойного покрытия практически не зависит от размещения слоев и повышает температуру стенки еще на 10...15°C.

Результаты расчетов показывают возможность дополнительного снижения температуры уходящих газов на 15...25°C без опасности образования конденсата на внутренней поверхности дымовой трубы. Дополнительным положительным фактором является то, что хорошая адгезия использованного изоляционного материала к стенке трубы позволяет считать его дополнительной антикоррозионной защитой конструкции.

ДІАГНОСТУВАННЯ ПЕРЕДПОМПАЖНОГО СТАНУ ОСЬОВОГО КОМПРЕСОРУ

Поволоцький Д. А., Редін І. І.

*Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського «ХАІ»,
м. Харків*

Тенденція в компресорбудуванні напрямлена на мінімізацію кількості ступенів в осьових компресорах, у зв'язку з чим виникає проблема забезпечення газодинамічної стійкості через велику аеродинамічну навантаженість лопаткових вінців ступені. Одним з проявів втрати газодинамічної стійкості є помпаж. Він призводить до різних проблем у газотурбінному двигуні, таким як: вихід з ладу лопаток компресора, зростання температури газів і перегріву лопаток турбіни, низькочастотні вібрації та ін.

З метою дослідження передпомпажного стану осьового компресора були проведені експерименти з детальним виміром параметрів нестационарної течії. Раніше при дослідженні ступенів осьового компресору з надроторними пристроями було виявлено, що на передзривних режимах роботи в порожнині одиночної кільцевої канавки, а також в кільцевій канавці надроторного пристрою «лабіринтного» типу при її установці над вхідною кромкою лопатки робочого колеса з'являються впорядковані пульсації повного тиску з частотою, близькою до характерної частоти пульсацій на режимі обертового зриву. Амплітуда пульсацій по мірі зменшення сумарного розходу збільшувалась та різко зростала при переході на нестійкий режим. Цей перехід відбувався стрибком, з розривом характеристики та утворенням повного однозонного обертового зриву. Причому встановлення надроторних пристроїв не змінювала характеру нестійкості та її параметрів, що мали місце у разі гладкої проточної частини. Основною компетентною реєстрування пульсацій тиску була тангенціальна складова у напрямі обертання робочого колеса.

Досліди показали, що по мірі дроселювання в кільцевій канавці над вхідними кромками з'являються впорядковані пульсації, які спостерігалися в раніше проведених дослідках [1] з частотою, близькою до частоти повного обертового зриву. Особливості нестационарної течії, відображані в наведених дослідних даних, свідчать про те, що на периферії робочого колеса з надроторним пристроєм утворюється слабкий частковий зрив без розриву характеристики компресора.

Література:

1. «Про дослідження механізму нестационарної течії для прогнозування нестійкого режиму роботи компресору» / В. Є. Ершов, В. Ю. Незим, Г. В. Павленко, І. І. Редін // Методи та моделі в системах автоматизованого проектування енергетичних турбоустановок: тез. докл. респ. наук. – техн. конф., Ч. 1, 3-5 окт. 1980 г., Готвальд – Харків, 1980. – С. 53–54.

РАСЧЕТ ОСНОВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПАРОВЫХ ТУРБИН НА МАЛОЦИКЛОВУЮ УСТАЛОСТЬ

Пугачева Т.Н.

*Национальный технический университет
«Харьковский политехнический институт», г. Харьков*

При пусковых и переходных режимах работы в основных элементах паровых турбин возникают нестационарные температурные поля, вызывающие высокие термические напряжения. Эти напряжения суммируются с напряжениями от механических нагрузок - центробежной силы, внутреннего давления. Циклическое воздействие нестационарных напряжений приводит к развитию в этих элементах процесса накопления поврежденности, обусловленного неизотермической малоцикловою усталостью. Для основных элементов турбин, работающих при повышенных температурах, характерно также накопление дополнительной поврежденности от ползучести, обусловленной высокими механическими напряжениями при стационарных режимах работы, а также релаксацией остаточных напряжений, возникающих в результате кратковременного пластического деформирования при пуске. Неизотермическая малоцикловая усталость характеризуется сочетанием циклических упругопластических деформаций, обуславливающих образование петли пластического гистерезиса, и меняющихся в цикле температур.

Феноменологические модели накопления повреждений не объясняют детально явление повреждаемости, а служат для решения (с той или иной точностью) инженерных задач, связанных с расчетом на долговечность и с прогнозированием ресурса. Предложено значительное число зависимостей, использующих различные критерии прочности. Многие полуэмпирические зависимости для определения числа циклов до разрушения включают механические свойства материала (временное сопротивление, пластичность при кратковременном или длительном разрыве, предел выносливости и т.п.). Предложено много моделей для учета асимметрии цикла нагружения. При сочетании различных видов нагружения используются правила (гипотезы) суммирования повреждений, причем предлагаются как линейные, так и нелинейные модели накопления повреждений. При расчете так называемых истинных (с учетом пластичности) напряжений и деформаций в опасной точке детали необходимо учитывать эффект памяти материала, заключающийся в том, что материал «забывает» предыдущий путь по замкнутой петле гистерезиса.

В настоящее время при оценке накопленной малоцикловой термоусталостной поврежденности металла деталей турбин используется детерминистический подход. В инженерной практике наиболее часто используется нормативная детерминистическая методика ЦКТИ-ЛМЗ расчета на малоцикловою усталость.

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ І ЧИСЕЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ МОДЕЛІ ПРОТОЧНОЇ ЧАСТИНИ РАДІАЛЬНО-ОСЬОВОЇ НАСОС-ТУРБІНИ ПІДВИЩЕНОЇ ШВИДКОХІДНОСТІ

**Русанов А.В., Агібалов Є.С., Хорєв О.М., Дєдков В.М., Сухоребрий П.М.,
Коротаєв П.О., Биков Ю.А.**

***Інститут проблем машинобудування ім. А.М. Підгорного
Національної академії наук України, м. Харків***

У балансі потужностей енергосистеми України частка ГЕС і ГАЕС на сьогодні не перевищує 10-12 %, що обумовлює гострий дефіцит в покритті пікових складових графіків навантажень і ускладнює збалансовану роботу системи. Введення в експлуатацію нових блоків ГАЕС, в тому числі чотирьох агрегатів Канівської, дозволить додатково виробляти електроенергію в обсязі понад 1 млрд кВт·год. на рік, внести вклад в забезпечення енергонезалежності і енергобезпеки України за рахунок скорочення споживання природного газу на 120 млн куб. м на рік, а також імпортного вугілля близько 0,5 млн тонн на рік.

В ІПМаш на основі сучасних методів просторового профілювання розроблено нову проточну частину насос-турбіни підвищеної швидкохідності на умови Канівської ГАЕС, аналоги якої в Україні не досліджувалися.

Чисельні дослідження течії в моделі насос-турбіни проведено за допомогою програмного комплексу *IPMFlow*, розробленому у ІПМаш НАН України. Моделювання в'язкої течії нестисливої рідини виконувались на основі чисельного інтегрування рівнянь Рейнольдса з додатковим членом, що враховує штучну стисливість. Для врахування турбулентних ефектів використовувалась диференціальна двопараметрична модель *SST* Ментера. Чисельне інтегрування рівнянь проведено за допомогою неявної квазімонотонної схеми Годунова другого порядку точності за простором і часом.

Експериментальні дослідження моделі нової проточної частини з діаметром робочого колеса $D_1=350$ мм проведено на гідродинамічному стенді ЕКС-30 ІПМаш, що має статус «національного надбання», а його показники відповідають вимогам МЕК 60193.

З метою зниження вартості дослідницьких робіт і скорочення часу їх проведення спіральну камеру, колони статора, лопатки напрямного апарату і лопаті робочого колеса було виготовлено з пластику *PLA* на принтері з застосуванням технології *3D* друку.

Експериментальні дослідження проведено в турбінному і насосному режимах при 17 значеннях відкриття напрямного апарату при напорі 6 м. Побудовано робочі та універсальні характеристики. Аналіз отриманих експериментальних результатів показав їх відповідність вимогам технічного завдання на проектування насос-турбіни Канівської ГАЕС. Порівняння чисельних і експериментальних характеристик демонструє їх задовільну якісну і кількісну відповідність.

ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ПИЛОВУГІЛЬНИХ ЕНЕРГОБЛОКІВ ТЕС ПОТУЖНІСТЮ 300 МВт

Тарасенко О.М., Тарасенко М.О., Борщова І.М.

Національний технічний університет

«Харківський політехнічний інститут», м. Харків

В даний час, на багатьох українських ТЕС використовується паливо погіршеної якості, що має низьку калорійність до 18 МДж / кг. Аналіз теплових характеристик роботи енергоблоків показав, що використання палива зниженої якості призводить до збільшення витрати палива, падіння ККД котлів і не дозволяє забезпечити на енергоблоках номінальне навантаження 300 МВт. Навантаження блоку знижується за умовами експлуатації котлів в безшлаковочному режимі, внаслідок високих температур газів в поворотній камері і на вході в конвективну шахту.

В даній роботі розглядається модернізація котла ТПП – 312 для роботи на кам'яному вугіллі і природному газі, що дозволить підвищити рівень енергозбереження при роботі парових котлів з високими параметрами пари в енергетичних блоках ТЕС. Поряд з роботою котла на вугільного пилу можливі режими спільного спалювання вугільного пилу і природного газу в різних пальниках.

В зв'язку зі зниженням якості вугілля та температурного рівня в топці умови для згоряння пилу помітно погіршилися. Тому значну частку втрат теплоти з механічною неповнотою згоряння становлять потерн від неповного згоряння пилу. Аналіз теплотехнічних характеристик котла ТПП-312 показав, що ККД не перевищує 89 % на різних режимах роботи.

Запропоновано перелік заходів щодо удосконалення роботи котельної установки, що дозволить зменшити витрати палива при виробництві пари високих параметрів, який працює на різних видах палива.

Рекомендовано встановити аеродинамічний виступ у верхній частині топки, що дозволить збільшити теплосприйняття поверхонь нагріву (в основному ширмових пароперегрівачів), за рахунок поліпшення омивання ширмового пароперегрівача на задній стіні екрана.

Виявлено, що при зміні конструкції топки, з метою підвищення аеродинамічних характеристик топки, потрібно змінити спосіб спалювання палива, а саме зміна кількості та потужності пальників.

Також в проекті передбачено встановлення додаткового вертикального ширмового пароперегрівача, а також рециркуляції димових газів в верхню частину топки, що є ефективним засобом зменшення шлакування і забруднення поверхонь нагріву, розташованих в горизонтальному газоході.

Виконано розрахунки теплового балансу котла ТПП – 312 та його основних елементів. Розрахунковий ККД бруто модернізованого котла на розглянутих видах палива на всіх розрахованих навантаженнях складає більш ніж 90.5 %, що підтверджує ефективність впроваджених заходів.

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕПЛОВІДДАЧІ ЯК СПОСІБ ФОРМУВАННЯ ФАХОВИХ КОМПЕТЕНЦІЙ ДЛЯ МАГІСТРІВ ТЕХНІЧНИХ НАУК

**Тарасов О.І., Литвиненко О.О., Михайлова І.О., Кисельова Н.М.,
Ісмайлов В. О.**

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

В останні роки проведення фізичних експериментів стало явищем надзвичайно рідкісним в силу їх дорожнечі, складності і тривалості підготовки та проведення. Найчастіше викладачі університету схилиються до комп'ютерного моделювання тих чи інших технічних процесів для поглибленого формування знань студентів. Причина такого вибору очевидна – це наочність і відносно швидке досягнення мети. Негативна сторона такого вибору – це відсутність здібностей у майбутніх фахівців оцінити надійність тих чи інших експериментальних залежностей між фізичними параметрами процесів, які використовуються для проектування машин. Очевидно, що фахівець повинен розуміти, яким чином проводився експеримент, які його похибки, наскільки допустимо використовувати результати експерименту для конкретних умов роботи проектного об'єкта.

Складність і дорожнеча експериментального обладнання змушує шукати можливість створення малогабаритних автономних установок. В рамках цієї тези на кафедрі турбінобудування була створена автономна низькошвидкісна малогабаритна аеродинамічна труба, потік повітря в якій створювався системою вентиляторів на виході з труби. Верхня і бічні стінки труби були виготовлені з плексигласу, а нижня – з текстоліту. Для дослідження тепловіддачі використовувався альфа-калориметричний спосіб.

Нижня стінка робочої ділянки розглядалася як пластина, для якої відомі надійні експериментальні залежності для розрахунку коефіцієнтів тепловіддачі, як при ламінарному, так і при турбулентному режимах течії.

Зіставлення експериментальних значень коефіцієнтів тепловіддачі з розрахунковими даними показало значне, в кілька разів перевищення перших, що свідчило про великі неврахованих втрати теплоти. Надалі було проведено комп'ютерне моделювання теплового стану нагрівачів і нижньої стінки труби із залученням програми ADINA. Були враховані втрати теплоти в тіло нижньої стінки, втрати теплоти уздовж нагрівачів і в поперечному напрямку, а також радіаційні втрати теплоти. В результаті було досягнуто досить гарний збіг експериментальних значень тепловіддачі з розрахунковими значеннями по надійним залежностям.

На закінчення можна відзначити, що проведений аналіз є важливим елементом навчання студентів, оскільки розкриває всі особливості проведення теплофізичні експерименту.

РОЗРАХУНКОВЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТЕПЛОВОГО СТАНУ ЦИЛІНДРОВОЇ ГІЛЬЗИ АВТОТРАКТОРНОГО ДИЗЕЛЯ

Триньов О.В., Сус М.Ю.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»
м. Харків*

Характерною особливістю циліндрових гільз сучасних автотракторних та інших типів ДВЗ, що підтверджуються численними моторними випробуваннями, є значний перепад температур по висоті робочої поверхні – дзеркала. В залежності від рівня форсування двигуна температури можуть змінюватися від 250–300°C в верхній частині, до 80–90°C в нижній, охолоджуваній рідинним охолоджувачем. З точки зору забезпечення оптимальних умов тертя, які визначаються і залежать від в'язкості моторного мастила при заданій робочій температурі дзеркала гільзи, такі температури як у верхній, так і у нижній частинах гільзи не є оптимальними. Погіршення умов тертя призводить до зростання механічних витрат, зниження ефективних показників двигуна в цілому.

Крім того, значні температурні градієнти сприяють виникненню додаткових термічних напружень. Зниження таких напружень стає особливо актуальним для ДВЗ з високим рівнем форсування за температурами циклу.

Таким чином, виникає задача перерозподілу теплових потоків, вирівнювання температур по висоті гільзи та досягнення оптимального рівня.

З огляду на зростаючі вимоги до рівня показників поставлена в науково-дослідній роботі задача – оптимізації теплового стану гільзи автотракторного ДВЗ є актуальною.

О ПОВЫШЕНИИ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОГО ЛУЧИСТОГО ОБОГРЕВА

Угольников С.В., Павлова В.Г., Глебов М.С.

*Национальный технический университет
«Харьковский политехнический институт»,
г.Харьков*

Системы лучистого обогрева (ЛО) разделяются на два класса: высокотемпературные (ВТ) и низкотемпературные (НТ). В первых источником тепла является каталитическое сжигание газообразного топлива, и они обычно используются в промышленных условиях для локального обогрева.

НТ ЛО находят широкое применение в промышленности, коммунальных и офисных объектах, в быту; для местного, общего и совместного обогрева, что объясняется низкой температурой излучающей поверхности (40-60°C). Для таких систем характерно отсутствие продуктов сгорания топлива, соответствие требованиям техники безопасности и применение доступного низкотемпературного теплоносителя, в качестве которого используется вода систем централизованного или индивидуального отопления. Важная особенность систем ЛО состоит в возможности их расположения на значительном удалении от обогреваемого объекта, что способствует рациональному с точки зрения обогрева и эстетики размещению их элементов. По сравнению с конвективными системами отопления радиационным свойственны выравненное по высоте поле температур, обратная разность температурой между воздухом и ограждающими поверхностями в отапливаемом помещении, а также меньшая инерционность. В целом применение ЛО создает возможность снижения затрат на отопление на 30-50%.

Рассмотрены возможности повышения радиационной эффективности НТ теплоизлучающих панелей. Анализ показал, что основной путь решения задачи связан с уменьшением конвективной теплоотдачи элементов ЛО и повышением их излучающей способности. Снижению конвективных теплопотерь (для радиационных панелей конвективную теплоотдачу можно рассматривать как потери) в технике ЛО уделяется большое внимание, однако, анализ показывает, что резервы в этом направлении еще имеются. Во-первых, это совершенствование теплоизоляции. Предлагается использовать тепловые экраны, экранно-вакуумную изоляцию и покрытия на основе жидкостных композиций с диспергированными полыми вакуумированными микросферами. Для уменьшения теплоотдачи рассмотрена возможность устранения конвективного движения воздуха относительно излучающей поверхности путем создания ограничивающих барьеров. Предлагается выполнять барьеры по высоте несколько превышающие толщину теплового пограничного слоя. Расчетная оценка показывает, что использование дополнительных мер по снижению конвективной теплоотдачи и выполнение рациональной отделки теплоизлучающей поверхности снижает потребление первичных энергоресурсов на 5-10%.

ОПТИМАЛЬНЕ ПРОЕКТУВАННЯ ЦИЛІНДРУ НИЗЬКОГО ТИСКУ ТУРБІНИ К-1250-6,9/25

Усатий О.П., Авдєєва О.П., Казанцев О., Щербаненко М.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

Об'єктом дослідження є конструкція проточної частини (ПЧ) циліндру низького тиску (ЦНТ) турбіни К-1250-6,9/25 з новою робочою лопаткою останнього ступеня висотою 1650 мм. Мета роботи полягає у визначенні величин найважливіших геометричних і термогазодинамічних параметрів ПЧ ЦНТ турбіни К-1250-6,9/25, які забезпечать максимальні рівні потужності та ефективності при заданих конструктивних обмеженнях (характеристики робочої лопатки останнього ступеня, а також значення кореневих діаметрів усіх ступенів ЦНТ були задані і залишалися незмінними в процесі оптимізації). Для реалізації поставленої мети були проведені розрахункові дослідження з багатокритеріальної та багатопараметричної оптимізації характеристик нової конструкції ПЧ ЦНТ.

Для розв'язання багатопараметричної і багатокритеріальної оптимізаційної задачі з підвищення показників якості нової конструкції ПЧ ЦНТ турбіни К-1250-6,9/25 була задіяна САПР «Турбоагрегат», яка розроблена на кафедрі турбінобудування НТУ «ХПІ». До складу цієї системи входить комплекс інформаційно узгоджених математичних моделей течії робочого тіла в проточній частині осевих турбін і підсистема оптимального проектування складних технічних об'єктів. Використання цього комплексу забезпечило отримання аеродинамічно досконалої ПЧ ЦНТ з максимально можливими рівнями потужності і ККД. В процесі виконання даної роботи була вдосконалена математична модель вісесиметричної течії робочого тіла, зокрема, вона була доповнена алгоритмом, що забезпечує розв'язання вісесиметричної задачі в постановці «із заданою масовою витратою робочого тіла через ПЧ», що дозволило більш ефективно і точно розв'язати поставлену задачу. Крім того, з урахуванням конструктивних обмежень на висоту робочої лопатки останнього ступеня ЦНТ ($l_{22} = 1650$ мм), був модернізований алгоритм автоматичної побудови меридіональних обводів ПЧ, що забезпечило врахування конструктивних обмежень подібного роду в процесі оптимізації.

Разом з тим, використання можливостей САПР «Турбоагрегат», з урахуванням виконаних робіт з модернізації математичної моделі вісесиметричної течії (задача «з заданою масовою витратою робочого тіла через ПЧ») і алгоритму автоматичної побудови меридіональних обводів ПЧ, дозволило знайти два оптимальних варіанти ПЧ ЦНТ турбіни К-1250-6,9/25 з значно більшими рівнями показників якості їх ПЧ у порівнянні з двома вихідними варіантами ПЧ. Так, розрахункова потужність двох оптимальних варіантів ПЧ ЦНТ турбіни К-1250-6,9/25 підвищена на 3,6 і 2,3 МВт до 130,9 і 129,6 МВт відповідно. При цьому, внутрішній відносний ККД цих варіантів збільшений на 1,4% і 0,9% до 75,3% і 74,81 відповідно.

ОЦІНКА ВИКИДІВ ЗАБРУДНЮЮЧИХ РЕЧОВИН В ДВИГУНІ НА ОСНОВІ ЇЗДОВОГО ЦИКЛУ АВТОМОБІЛЯ

Парсаданов І.В., Головка А.О.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків
Варшавська політехніка, м. Варшава*

Мета роботи – визначити впливові фактори, параметри і особливості їздових циклів автомобілів та надати рекомендації щодо використання циклу для визначення забруднюючих речовин у відпрацьованих газах дизелів вантажних автомобілів.

Актуальність роботи обумовлюється тим, що забруднення атмосфери планети Земля в даний час є однією з найбільш значущих глобальних екологічних проблем. Виробничі процеси, пов'язані з виготовленням тепла та електроенергії, спалюванням твердих відходів та транспортуванням, як правило, виділяють забруднюючі речовини в атмосферу. Фахівці стверджують, що приблизно 60% усього забруднення повітря спричиняється саме викидами від транспортних засобів, а в містах воно може досягати до 80%.

Для проведення дослідження в повному обсязі було виконано наступне: розглянуто основні характеристики забруднюючих речовин і фактори, що впливають на їх викиди із відпрацьованими газами двигунів внутрішнього згоряння; вивчено вплив руху і керування автомобілем на викиди забруднюючих речовин із відпрацьованими газами двигунів внутрішнього згоряння; доведено методи оцінювання емісії забруднюючих речовин, а також інформацію щодо динамічних і стаціонарних циклів; встановлено особливості методу комплексної оцінки показників паливної економічності і токсичності відпрацьованих газів і розглянуто стаціонарний цикл для випробувань автобусного дизеля, що розроблено на основі комплексного критерію паливної економічності і токсичності відпрацьованих газів.

Дослідження було проведено на базі двох університетів, а саме НТУ «ХПІ» та Варшавська політехніка.

МОДЕРНІЗАЦІЯ ВИХІДНОГО ДИФУЗОРА ТУРБІНИ К-325-23,5

Юдін Ю. О., Суботович В.П., Лапузін О.В., Малимон І.І.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,
м. Харків*

В доповіді викладено аналіз результатів розрахункового дослідження початкового і модернізованого дифузорів турбіни К-325-23,5 за допомогою CFD- пакету ANSYS Fluent.

Початковий дифузор має торову кільцеву лопатку, а в модернізованому дифузорі додатково встановлено широкорежимний дефлектор. Виконано розрахункове дослідження цих дифузорів з імітацією розподілу параметрів за останнім ступенем ЦНТ на змінних режимах роботи для відносних об'ємних витрат пари $GV_2 = 1; 0,75; 0,5$. Для імітації розподілу параметрів за останнім ступенем у розрахункових вісесиметричних моделях дифузорів виконано розбивання вхідного перерізу на 10 ділянок, враховано присутність бандажа, радіального зазору та перетікання робочого тіла крізь зазор. В моделях дифузорів побудовано прямокутну сітку зі згущенням елементів поблизу поверхонь. Вибрано модель турбулентності k-epsilon.

Результати розрахунків порівнювались за величиною коефіцієнтів повних втрат і за розподілом швидкостей. Виявлено, що на режимі $GV_2 = 1$ за рахунок додаткового дифузорового ефекту в зоні втулки коефіцієнт повних втрат модернізованого дифузора нижче на 0,24 у порівнянні з початковим дифузором. При зниженні відносної об'ємної витрати до 0,75 коефіцієнти повних втрат дифузорів практично однакові. На режимі $GV_2 = 0,5$ коефіцієнт повних втрат модернізованого дифузора менше на 0,33, що пов'язано зі зміною характеру течії. У початковому варіанті основний потік розташований між зовнішнім обводом і торовою кільцевою лопаткою. В модернізованому варіанті потік відхиляється широкорежимним дефлектором у напрямку втулки, чим зменшує розміри циркуляційної течії в зоні втулки та покращує транзитну течію.

Таким чином, модернізація вихідного дифузору турбіни К-325-23,5 за рахунок встановлення широкорежимного дефлектора дозволяє знизити коефіцієнт повних втрат дифузора в дослідженому діапазоні режимів роботи.

На основі порівняння результатів розрахункових та експериментальних досліджень доведено, що імітаційна вісесиметрична модель дифузора турбіни задовільно відображає дійсну картину течії.

Література:

1. Суботович В. П., Юдин Ю. А., Лапузін А. В., Юдин А. Ю., Швецов В. Л. Влияние неосесимметричного вдува потока в диффузоре на работу выхлопного патрубка ЦНД турбины. *Вісник НТУ «ХПІ»*. Серія: *Енергетичні та теплотехнічні процеси й устаткування*. Харків : НТУ «ХПІ», 2017. № 9(1231). С. 24–28. Бібліогр.: 5 назв. ISSN 2078-774X. doi: 10.20998/2078-774X.2017.09.03

СЕКЦІЯ 6. НОВІ МАТЕРІАЛИ ТА СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ ОБРОБКИ МЕТАЛІВ

АНАЛІТИЧНИЙ ТА ГЕОМЕТРИЧНИЙ МЕТОДИ ДВОТОЧКОВОЇ ПЕРСПЕКТИВИ

Адашевська І.Ю., Красівська О.О., Вус С.М.
*Національний технічний університет
 «Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

В роботі розглянуто аналітичну модель побудови лінійної перспективи та геометричну інтерпретацію процесу.

У художній і архітектурній практиці під час побудови лінійних перспектив використовується такий окремий випадок центрального проектування: картинна площина π_K розташовується між зображуваними предметами і центром проектування перпендикулярно до предметної площини π_1 (площини XOY). У цьому випадку геометрична модель набирає вигляду (рис. 1):

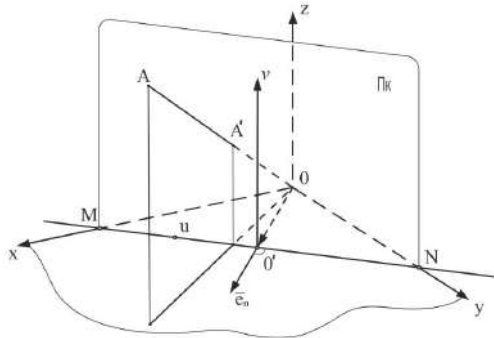


Рисунок 1 - Двоточкова перспектива

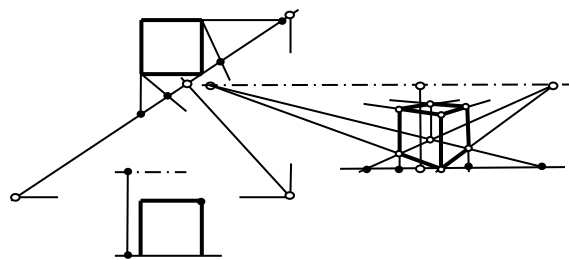


Рисунок 2 – Побудова перспективи методом архітектора

Координати точки $A'(X'_A, Y'_A, Z'_A)$ - центральної проєкції точки $A(X_A, Y_A, Z_A)$

$$X'_A = \frac{H \cos \alpha_A}{\sin \Psi_A}, Y'_A = \frac{H \cos \beta_A}{\sin \Psi_A}, Z'_A = \frac{H \cos \gamma_A}{\sin \Psi_A} \quad (1)$$

де $\sin \Psi_A = \cos \alpha_A \sin \beta_K + \cos \beta_A \cos \beta_K$, $\angle \Psi_A$ – кут між проектувальним променем (SA) і картинною площиною π_K . Координати проєкції $A'(U_A, V_A)$ точки $A(x_A, y_A, z_A)$ можна отримати, поклавши $\cos \beta_K = 0, \sin \beta_K = 1$.

$$U_A = H \frac{x_A \cos \beta_K - y_A \sin \beta_K}{x_A \sin \beta_K + y_A \cos \beta_K}, \quad V_A = H \frac{z_A}{x_A \sin \beta_K + y_A \cos \beta_K} \quad (2)$$

Формули координат проєкції можна отримати і безпосередньо з креслення. Точка D збігається з початком координат точкою $O'(D \equiv O')$. Розглянутий випадок розташування картинної площини π_K відповідає графічному методу двоточкової перспективи - методу архітектора (рис. 2) [2].

Література:

- 1) Адашевская И. Ю. Информационные системы конструирования и моделирования объектов : учеб. пособ. Харьков : «НТМТ», 2016. – 178 с.
- 2) Геометрическое моделирование в компьютерной графике : учеб. пособие / И. А. Черных [и др.]; Нац. техн. ун-т "Харьков. политехн. ин-т". – Харьков : «НТМТ», 2017. – 320 с.

СТРУКТУРА ТА ВЛАСТИВОСТІ ЗВАРНИХ З'ЄДНАНЬ ДЕТАЛЕЙ ЗІ СТАЛІ 08кп ТА DC01

Бармін О.Є., Григор'єва С.В.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

На сучасному етапі розвитку промислового виробництва одним із головних завдань в підвищення його ефективності є розробка і широке впровадження прогресивних технологічних процесів. До такого технологічного процесу слід віднести застосування контактного зварювання для збирання металоконструкцій, а саме збирання радіаторів опалення. Вибір оптимального матеріалу з хорошою зварюваністю повинен проводитися на основі аналізу зварюваності різних матеріалів, що випускаються в даний час металургійною промисловістю. Крім того, слід звернути увагу і на те, що якість зварного з'єднання (звареної конструкції) в істотній мірі формується в процесі зварювання і залежить від параметрів режиму зварювання. Виходячи з вищесказаного можна зробити висновок, що успішне використання на виробництві зварювальної технології має базуватися, по-перше, на дослідженні зварюваності матеріалів, що використовуються. По-друге, на аналізі впливу параметрів режиму зварювання на якість з'єднання.

Метою даного дослідження було визначення впливу вихідної структури на структуру та властивості листової сталі типу 08кп і DC01 після зварювання. Для виконання поставленої мети був проведений комплекс механічних досліджень зразків в вихідному стані та після зварювання, вивчені структурні зміни, що виникають в сталі внаслідок термічного впливу в процесі зварювання.

Методами спектрального аналізу, металографічного аналізу, визначення мікротвердості було досліджена структура, механічні властивості та хімічний склад сталі 08кп та DC01 в вихідному стані.

Встановлено, що зразки зі сталі 08кп з різних плавів мають недоліки, а саме зразок 1 має неприпустимий дефект – розшарування листового прокату, а зразок 2 має відхилення від хімічного складу та підвищений бал зерна. Натомість сталь DC01 повністю задовольняє вимогам які пред'являються до хімічного складу та структури матеріалу з якого виготовляють ребра радіаторів.

Показано, що в зразках з обох сталей різних плавів в центральній зоні зварного з'єднання формуються структури гарту – ферито-бейнітна структура в зоні сплаву та осередки з мартенситною структурою в зоні термічного впливу, що призводить до зростання рівня мікротвердості і погіршенню характеристик пластичності.

Запропоновані рекомендації фірмі-виробнику радіаторів опалювання, які передбачають введення вхідного контролю металу контролю якості зварних з'єднань сучасним ультразвуковим методом та заміну сталі 08кп європейським аналогом DC01 в разі усунення всіх недоліків.

МОДИФІКУЮЧИЙ ВПЛИВ ВОЛЬФРАМУ НА ЗАЛІЗО

Бармін О.Є., Григор'єва С.В.

Національний технічний університет

«Харківський політехнічний інститут», м. Харків

Добре відомо, що модифікування і мікролегування чорних і кольорових металів є найбільш простим, дешевим і високоефективним методом поліпшення їх структури, механічних, технологічних і службових властивостей. В залежності від природи добавок, що вводяться і характеру їхньої взаємодії з основними компонентами сплаву і наявними домішками, можлива та чи інша схема процесу модифікування [1].

У зв'язку з цим метою досліджень було вивчення механізму диспергування зереної структури матричного металу заліза при легуванні вольфрамом.

Раніше було показано [2], що в вакуумних конденсатах Fe-W, введення вольфраму в кількості до 1 ат.% в паровий потік заліза приводить до підвищення дисперсності зереної структури, тобто вольфрам виявляє ефективний модифікуючий вплив на структуру конденсатів.

В роботі досліджувалися та порівнювалися чотири типи зразків сплавів Fe, Fe-W з малою кількістю легуючого елементу до 1,5 ат. %. Для атестування структури і механічних властивостей використовували методи металографічного аналізу, рентгенофазового аналізу, визначення мікротвердості та наноіндентування.

Виявлено, що у всьому дослідженому концентраційному інтервалі вихідна структура сплавів Fe-W є однофазною, додавання вольфраму в кількості до 1,5 ат.% в залізо надає ефективний модифікуючий вплив на структуру сплавів, дозволяє в 50 разів знизити розмір зерна, та в 2 рази підвищити твердість.

Встановлено, що в зразках спостерігається різний вміст вольфраму в характерних ділянках зереної структури, так вміст W на границі майже в 12 разів перевищує відповідні значення в тілі зерна. За результатами наноіндентування виявлено збільшення твердості на границях зерен в порівнянні з тілом зерна.

Сукупність отриманих експериментальних результатів, свідчить на користь формування сегрегації тугоплавкого легуючого компонента, вольфраму, на границях зерен матричного металу, заліза, при кристалізації сплаву. Показано, що варіювання вмістом вольфраму дозволяє одержувати сплави на основі заліза з широким спектром структурних станів.

Література:

1. Мальцев М. В. Модифицирование структуры металлов и сплавов. Учебник. — М.: Металлургия, 1964 г. 215 с.
2. Barmin A.E. Modifying Effect of Tungsten on Vacuum Condensates of Iron / A.E. Barmin, O.V. Sobol', A.I. Zubkov, L.A. Mal'tseva// The Physics of Metals and Metallography, 2015, Vol. 116, No. 7, pp. 706–710.

РОЗРОБКА КОНЦЕПТ-АРТУ І СТВОРЕННЯ 3D МОДЕЛІ ПЕРСОНАЖА ДЛЯ КОМП'ЮТЕРНОЇ ГРИ

Безсонов І.С., Федченко Г.В.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

В даний час відбувається зростання популярності тривимірної анімації та ігор. При перегляді анімаційних фільмів та гри в комп'ютерні ігри, які набувають велику популярність як спосіб боротьби зі стресами і як спосіб спілкування, і як навчальний матеріал.

У сучасному світі відеоігри мають особливе значення, стаючи невід'ємною частиною нашого повсякдення, емоційної складової поряд з навчанням і працею. Попит на відеоігри і нові емоції народжують все більше пропозицій, але також з розвитком комп'ютерних технологій зростає і вимогливість гравців. Наприклад, вимогливість до графічної складової - вона безпосередньо відображає якість наповнення гри, а саме персонажів і сеттінгом, створенням яких займаються 3D- художники, гейм-дизайнери і розробники ігор.

На сьогоднішній день активно ведеться пошук нових ідей, емоційних образів. Попит на фахівців в області продовжує зростати і велика увага приділяється навичкам моделювання, творчому підходу, здатністю здивувати і уявити щось абсолютно нове.

Метою роботи є реклама продукту, залучення уваги до творчих здібностей і вмінням автора з подальшим створенням розробок та розвитку.

Тема даної роботи «Розробка концепт-арту і створення 3D моделі персонажа для комп'ютерної гри».

Мета роботи - створити концепт-арт персонажа і розробити його 3D- модель.

Об'єкт дослідження - засоби розробки, створення 3D-моделі персонажа.

Для досягнення поставленої мети, було:

- проведено аналіз предметної області в області розробки 3D- моделей;
- проаналізовано існуючі 3D-розробки, вітчизняних і зарубіжних дизайнерів, які розробляють ігрові моделі;
- розроблено план створення ігрової моделі;
- розроблено концепт-арт персонажа;
- реалізовано розроблений план засобами по роботі з 3D - об'єктами;
- створена модель персонажа.

Створення 3D-моделі ігрового персонажа стало вирішенням питання просування та реклами не тільки себе як дизайнера і автора, а й можливості подальшого продажу мультимедійного проекту. Інформаційну базу проекту складають літературні і навчальні посібники, довідники, ресурси в мережі Інтернет. Наукова новизна полягає в авторському дизайні і створенні абсолютно нової ігрової моделі. Практична значимість роботи полягає в використанні результатів роботи в рекламних цілях.

THE TECHNOLOGICAL PROCESS OF OBTAINING HIGH-QUALITY MOLDS

Berlizeva T., Ponomarenko O., Marynenko D., Grimzin I.

National Technical University

«Kharkov Polytechnic Institute», Kharkov

Increasing complexity, accuracy and reducing thinness of walls of die cast parts along with the requirements to minimize labor costs and effective environmental protection have a significant impact on the development of the die casting technology. In order to obtain a casting free from defects, molding and core mixtures used for mold and core production must satisfy the requirements for a set of certain properties. The main quantity of the produced castings (over 70%) is manufactured in one-off forms, the properties of which are determined by the quality of the castings. However, according to the available data, 40...60% of the casting defects are due to the unsatisfactory quality of molding materials and mixtures.

In modern casthouse production there are a large number of methods for manufacturing molds and cores using multiple combinations of mixtures. Casting into plaster molds is currently used in small-scale and pilot production mainly to obtain castings from aluminum and, less commonly, from copper, titanium alloys and cast iron for castings, which have considerable wall thickness variations. The production of complex castings of non-ferrous alloys of various configurations include body parts, turbine impellers with complex vanes, etc. Plaster casting is widely used in dentistry.

This technology has several advantages: in plaster molds, you can quickly get castings of different sizes ranging from small to large, of different weights ranging from a few grams to tens of kilograms; to obtain castings, you do not need expensive equipment or tools; to manufacture plaster mixtures, you can use such widely spread cheap materials as plaster, sand, asbestos, etc.; the worthy yield makes 70...80%, while when casting the same parts into a sandy mold, it is equal to only 20...30%.

Plaster-based molding mixtures consist of three main components: refractory material (sand, cristobalite, chamotte, marshallit; reinforcing material (various grades of asbestos with different fiber lengths) and binding material in the form of plaster.

A distinctive feature of the plaster mold material is its good flow characteristics when mixing it with water. Good ability to flow, smoothness after hardening and accuracy of reproduction of the imprint make it possible to obtain the molds of any difficulty. The ability of plaster to harden quickly, the easiness and simplicity of molding are also an important feature of this material. Hardening within 5...10 min allows you to produce molds and cores quickly.

There is a fairly large number of studies on the physicomachanical properties of plaster-based mixtures. However, the influence of the components of the sand-plaster mixture on the properties of the mixture has not been determined yet, the mathematical dependence of the drying effect on the properties of various compositions of plaster mold mixtures, optimal conditions and methods of drying have not been determined. The solution of such problems is an urgent task of the casthouse production.

ВПЛИВ ФОРМИ ДЕРЕВООБРОБНОГО ІНСТРУМЕНТА НА ОСОБЛИВОСТІ ЙОГО ТЕРМОФРИКЦІЙНОГО ЗМІЦНЮВАННЯ (ТФЗ)

Волков О.О.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

Технологія ТФЗ є одним з альтернативних методів зміцнювання, що дозволяє суттєво покращувати роботоздатність деревообробного різального інструмента. При цьому, зміцнювання в такий спосіб не потребує складного спеціального обладнання, а дозволяє адаптувати стандартні шліфувальні або інші верстати.

Однак, слід приймати до уваги, що при розроблянні технологічного процесу зміцнювання, з використанням ТФЗ, необхідно враховувати форму та розміри відповідного деревообробного інструмента. Це дозволить зробити ТФЗ максимально ефективним. Такі параметри, як товщина, форма різального краю та кут його загострення, з урахуванням параметрів ТФЗ, мають визначну роль в результативності зміцнювання такого інструменту. Відтак, з посиланням на попередні дослідження, виявлено, що при ТФЗ клиноподібної поверхні реалізуються пружні деформації різального краю, що вносить певні корективи в фактичні параметри режимів оброблення.

Отже, «жорсткість» режимів ТФЗ змінюється під впливом пружного деформування в момент ТФЗ, що пов'язано з кутом загострення різального краю інструмента. Доведено, що зі зменшенням кута загострення різального краю ступінь теплодеформаційного впливу при ТФЗ зменшується, що корелюється з ефективністю зміцнювання робочої частини такого та подібного різального інструменту.

СТВОРЕННЯ 3D МОДЕЛІ ПАЗЛІВ КОНСТРУКТОРА В СЕРЕДОВИЩІ SOLIDWORKS

Гармаш Д.С., Шеліхова І.Б.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

3D моделювання активно використовується як в дизайні, так і в промисловості. Цифрові 3D моделі корисні як в розробці комп'ютерних ігор, фільмів, в 3D візуалізації, так і в підготовці до процесі 3D друку. 3D моделювання набагато ефективніше традиційних креслень і двомірних зображень проєктованих виробів, адже дозволяє в деталях оцінити характеристики об'єкта на початкових етапах роботи.

Метою роботи є розробка тривимірної моделі автомобіля-іграшки, яка буде збиратися, як пазл, з багатьох деталей.

В рамках роботи було проведено аналіз програмних засобів для об'ємного моделювання, зроблено порівняння з іншими системами автоматизованого проєктування, описані переваги та недоліки, розглянуті принцип дій програми та основні функції.

У цьому проєкті було розроблено тривимірну модель-збірку, яка складається з багатьох деталей. Для досягнення цієї мети було використано програмний комплекс SolidWorks.

Описане поетапне створення дипломного проєкта, надано скріншоти як самих деталей, так і кінцевого результату роботи - збирання.

Робота показала, що програма SolidWorks є актуальним середовищем для проєктування і моделювання деталей, тому що існує безліч різних варіацій програм подібних їй, але, саме SW призначена для якісної роботи на операційній системі Windows.

Література:

1. Мэлсбеков Н.М., Головина Л.Н. - Сравнительный анализ возможности двух САД сред Solidworks и Компас 3d их достоинство и недостатки. - Сибирский федеральный университет. - 2014. 2. [Большаков В.П., Бочков А.Л., Сергеев А.А. – 3D-моделирование в AutoCAD, КОМПАС 3D, SolidWorks, Inventor, T-Flex: Учебный курс. – СПб. – 2011.](#) 3. Бочков А. Л., Большаков В. П., Лячек Ю.Т. - Твердотельное моделирование деталей в САД-системах: AutoCAD, Компас-3D, SolidWorks, Inventor, Creo.: учебное пособие / УМО. – СПб. - 2014. 4.Расширенное моделирование деталей. SolidWorks 2010. – Издавництво: Dassault Systems SolidWorks Corporation. – 2009.

СТВОРЕННЯ РЕКЛАМНОГО РОЛИКА

Гладковська А.Д, Ткачук Я.П., Мельниченко В.О, Матюшенко М.В.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

Мета: створити рекламний ролик для спеціальності «122 Комп'ютерні науки» інженерно-фізичного інституту.

В зв'язку з великим попитом на отримання освіти в сфері ІТ-технологій багато ВИШів пропонують освіту у цій сфері. Тому набуває значення побудова рекламної кампанії в період вступу. Теперішній абітурієнт отримує велику кількість інформації в інтернеті. Особливу популярність у цьому сенсі мають соціальні мережі, зокрема: YouTube, Instagram та інші. Тому тема роботи є безумовно актуальною.

Складність полягає в відсутності можливостей якісного запису звука та зображення, а отже відео буде переповнений текстом. Крім того, сучасний абітурієнт краще сприймає динамічну інформацію, порівняно зі статичною. В цьому полягає наша задача, як правильно зацікавити і донести інформацію.

Створення реклами починається зі сценарію. Складаємо структуру, відео поділено на 4 основних частини, виділяємо для кожної частини головне – чотири ключових слова, які характеризують напрямки. Але для реклами цього не достатньо, це лише сухий текст, який не матиме достатнього впливу на аудиторію. Необхідно обрамити текст, додати діалог з глядачем, щоб кожне нове слово заманювало глядача продовжувати дивитись.

Наступний крок, візуалізація. Щоб відео виглядало цільним, а не набором стокових картинок, необхідний спільний стиль. Для цього обрано досить популярний ефект – duotone. Для нього необхідно вибрати два кольори, які не тільки гармонічно виглядають, а й пов'язані з темою відео. Синій – найчастіше асоціюється з ІТ-сферою, червоний – колір університету і білий, як контраст, який чудово видно на фоні поєднання синього і червоного.

Для анімації ролика використовувалося програмне забезпечення Adobe After Effects. Яке дозволило створити різні ефекти, такі як: Rotating Hue, Drop In by Character та інші.

Запропонована реклама, дозволяє швидко і доступно ознайомити потенційних абітурієнтів з запропонованими спеціальностями та зацікавити їх дізнатися більше про наш університет. Це простий, ефектний, сміливий ролик, що привертає увагу та захоплює глядача.

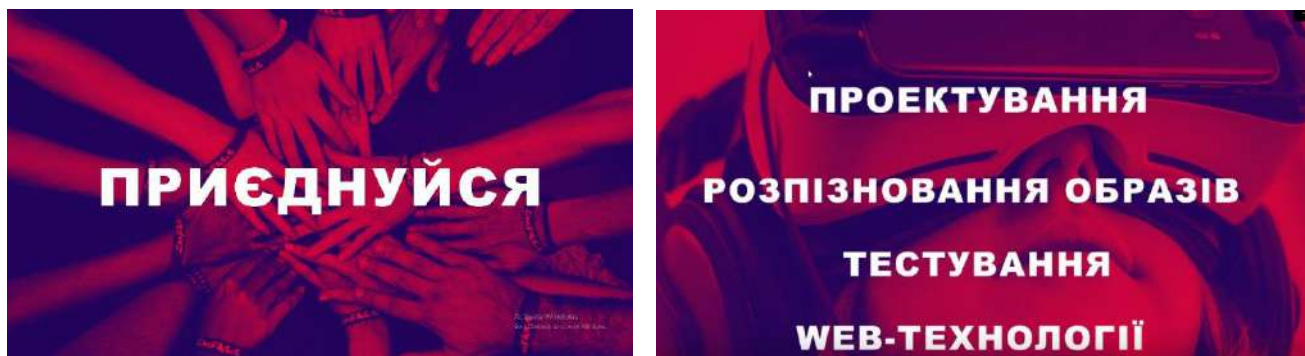


Рисунок 1 – Кадр з відеоролику

ОСОБЛИВОСТІ РЕКРИСТАЛІЗАЦІЇ, ЯКА ПРОХОДИТЬ У ЗВАРНИХ З'ЄДНАННЯХ ПАРОПРОВОДІВ

Глушко А.В.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

Рекристалізація в зварних з'єднаннях паропроводів розглядається, як процес поступового усунення як окремих фрагментів границь зерен так і подальшого усунення повних границь самих зерен структури, що призводить до утворення крупного зерна та крупної структури. Важлива задача постає перед нами - теоретичне обґрунтування процесу рекристалізації, який є характерним для структури зварних з'єднань паропроводів, які використовуються тривалий час в умовах повзучості.

Механізм рекристалізації в металі зварних з'єднань паропроводів, які працюють тривалий час в умовах повзучості, має певні відмінності від рекристалізації під час відпалу холоднодеформованого металу. До такої відмінності віднесемо рекристалізацію під час відпалу, яка має інкубаційний період і відбувається як ефект, коли зерно зростає за рахунок усунення границь зерен структури. Слід відзначити, що процес рекристалізації починається приблизно після напрацювання зварних з'єднань паропроводів понад 270000 год, а також протікає порівняно повільно.

Рекристалізація в металі зварних з'єднань паропроводів найбільш яскраво виражена та представлена в зоні термічного впливу (ЗТВ). Найбільш характерними ділянками ЗТВ, де проходить процес рекристалізації, виступають ділянки неповної перекристалізації, перегріву та сплавлення.

Розглядаємо рекристалізацію, як компонент деградації структури, внаслідок чого механічні властивості зварного з'єднання зменшуються на 15... 20%.

Зазначмо, що рекристалізація певною мірою залежить від структурного стану та від рівня деформації металу зварних з'єднань, які працюють тривалий час в умовах повзучості.

Механізм процесу рекристалізації металу зварних з'єднань паропроводів, які працюють в умовах повзучості, повинно бути доповнено положеннями теорії дислокацій та теорії границь зерен, що надасть змогу зробити повну характеристику та визначити найбільшу кількість особливостей цього процесу, що у свою чергу, є необхідним.

Процес рекристалізації в структурі зварних з'єднань паропроводів з теплостійких перлітних сталей (12X1МФ, 15X1М1Ф), які тривалий час працюють в умовах повзучості при параметрах: $T_e = 545 \dots 585^\circ\text{C}$, $P_e = 20 \dots 25$ МПа, сприяє значному зниженню їх експлуатаційних характеристик, що призводить до пошкоджуваності.

Вивчення особливостей процесу рекристалізації дозволить уповільнити його проходження та, при цьому, зменшиться рівень пошкоджуваності, що є актуальним для збільшення ресурсу роботи зварних з'єднань паропроводів, які є важливими елементами енергоблоків.

THE INFLUENCE OF PRECIPITATION PARAMETERS OF VACUUM-ARC NANOCRYSTALLINE COATING TI-MO-N ON NANOHARDNESS AND WEAR RESISTANCE OF PISTON RINGS

**Hlushkova Diana, Kalinina Nataliya, Voronkov Alexandr,
Stepanuk Andrew**

Kharkov National Automobile-Road University, Kharkov

Deniprovs'k National University named after Oles Honchar, Dnipro

Purpose. It has been investigated the influence of multi-layered vacuum-arc nanostructure coating Ti - Mo - N on wear resistance of piston rings. The influence of vacuum-arc coating parameters on nanohardness has been set.

Methodology. The material on the multi-layered coating was applied by means of vacuum-arc method was the grey cast-iron widely used in different branches of engineering. Multi-layered two-phase nanostructural coatings TiN - MoN were precipitated in the vacuum-arc plant "Булат-6". Nanoindentation was conducted by means of a pyramid of Berkovich at loading 0,5 H with loading and unloading executed automatically. The tests for wear resistance were performed on the plant CMI-2.

Findings. Received dependences testify that nanohardness and given Young's modulus are of maximal in surface layers. The analysis of deflected mode has demonstrated that the highest value of compression (2,2 %) corresponds to the depth ~ 10nm. And maximal value of nanohardness takes place on the depth ~10 nm. The reason of residual stresses is an impact of ionic bombardment.

In case of studying the layers of thickness ~ 10 nm it is observed the forming of two-phase structural state. The interfaces occupy a large specific volume, that is accompanied by the increasing of compressive stresses. It must result in hardening. The research of layers of thickness ~ 20 nm showed more washed out interface border that leads to the reduction of specific deposit of borders.

Summary. Linear wear of cast-iron sprayed with coating Ti-Mo-N decreases in 8 times. Nanohardness increases on proximately 40 % in the same conditions of spraying at continuous rotation with the increasing of amount of layers from 1800 to 2700. Nanohardness increases on proximately on 25% at increasing of vacuum for all identical parameters of spraying the coating. The vacuum-arc precipitation performed at impulse voltage on a base, equal to 2000 provides the increasing of nanohardness on 30 % as compare to without impulse one at all other equal conditions for conducting the experiment.

References:

Matsevytyi U.M. On the way of steady development of scientific researches / Matsevytyi U.M. // Problems of engineering industry. - 2012. - T.5. - № 2. - С. 5-18.

Andreev A.A. Vacuum-arc device and coating /Andreev A.A., Sablev L.P, Shulaev V.M., Grigoriev S.N. // Library of NSC Kharkov Physic-Mechanical Institute.- Kh., 2015. - 238 p.

Suzuki M. Tribological performance of a sputtered Mo₂ & film in air N₂, O₂, H₂O environments at pressures from 10⁻⁵ Pa to 10⁵ Pa / M. Suzuki // Journal of society of Tribologists and Lubrication Engineers, 2011. – V. 57. – № 1. – 23–29p.

ПІДХОДИ ДО МОДЕРНІЗАЦІЇ ПНЕВМАТИЧНОГО МОЛОТА

Губський С.О., Стрельцов Р.В.

Національний технічний університет

«Харківський політехнічний інститут», м. Харків

Пневматичний молот можна віднести до ковальсько-штампувального обладнання, що широко використовується та працює на основі розрядження і стиснення повітря, що знаходиться між компресорним і робочим поршнями.

Пневматичні молоти призначені для операцій вільного кування або кування з підкладним штампами. Вони бувають простого і подвійного дії.

Модернізуючи конструкцію молота, небажано порушувати його систему управління.

До основних напрямів модернізації молота можна віднести:

- установка в якості електродвигуна приводу молота частотно-регульованого асинхронного двигуна, що дозволить змінювати частоту ударів молота і його керованість. Це дозволить збільшити його керованість та підвищити довговічність ударних частин молота;

- приведення молота в режим бесшаботного молота із зустрічним ударом баб, що рухаються назустріч один одному і співударяються на заготівлі, яка розміщується на пружно-податливому майданчику, встановленому на станині молота.

Основним недоліком існуючої конструкції приводного пневматичного молота є схема одностороннього удару, при якій баба б'є по заготівлі, розташованій на шаботі молота, маса якого в десятки разів більша за масу рухомих частин молота. Вібрації досить сильно впливають на людину і на навколишнє середовище.

Цей недолік запропоновано вирішити вдосконаленням приводного пневматичного молота за допомогою виконання колінчастого вала з двома колінами, розгорнутими на 180 градусів. Друге коліно валу пов'язане з додатковим циліндром компресора, пов'язаних з додатковим робочим циліндром, причому деталі зв'язку, додаткові деталі циліндра компресора і робочого циліндра виконані однаково з такими ж деталями базового молота, які не змінюються.

Також вібраційний вплив можливо зменшити використовуючи пружинно-ресорні системи підшаботної віброізоляції розроблені для пароповітряних штампувальних молотів, в яких використовуються ресори вагонного типу.

Отже, запропонована конструкція приводного пневматичного молота із зустрічним ударом баб забезпечує підвищення енергії удару, зменшення маси молота, зменшення вібраційного впливу на навколишнє середовище.

Література:

1. Зелееский В.И. Оборудывание кузнечно – прессовых цехов. – М.: Высшая школа, 1964. – 596 с.
2. Роганов Л.Л., Абрамова Л.Н., Абрамова Е.Н. Применение регулируемых направляющих в металлорежущих станках // Надежность инструмента и оптимизации технологических систем: сб. науч. тр. – Краматорск, 2007. – Вып. 21.

ВИВЧЕННЯ СТРУКТУРНО-ФАЗОВИХ ЗМІН У ЗВАРНИХ З'ЄДНАННЯХ ПАРОПРОВОДІВ

Дмитрик В.В., Гаращенко О.С.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

В даний час внаслідок тривалого напрацювання значно скоротився ресурс експлуатації елементів паропроводів більшості ТЕС України. Основною причиною цього є наявність певної структурної, хімічної і механічної неоднорідності зварних з'єднань труб паропроводів. Наявність неоднорідності забезпечує більшу інтенсивність структурних перетворень в металі зварних з'єднань в порівнянні з аналогічними перетвореннями основного металу паропроводів. Відповідно ресурс експлуатації металу зварних з'єднань паропроводів ТЕС безпосередньо залежить від структурних перетворень, що проходять в їх металі. Вивчення факторів пошкоджуваності металу з використанням сучасних методів дослідження структурно-фазового складу дозволяє по-новому розглянути проблему ефективного збільшення ресурсу паропроводів шляхом передчасного виявлення (прогнозування) пошкоджуваності металу.

Аналіз мікроструктури металів дозволяє виявити в металі внутрішні дефекти, неприпустимі структурні складові, сліди термічного тривалого впливу і пластичної деформації. Інформація за перерахованими факторами формує загальну картину про якість і залишковий ресурс досліджуваного металу.

У дослідженні структурно-фазового складу і структурних змін в металі паропроводів з теплостійких перлітних сталей використовувалася оптична металографія. В якості досліджуваного матеріалу були відібрані чотири зразки, вирізані з елементів паропроводів з обов'язковою наявністю зварного шва. Основний матеріал для всіх зразків-сталь 12Х1МФ. Перший зразок взято в якості вихідного (базового) варіанту, тобто без напрацювання. Зразки №2, 3 мають напрацювання 120 тис. год, відмінність між ними в розташуванні зварювального шва. Для зразка №2 – внутрішній шов, для №3-зовнішній. Зразок №4 з напрацюванням ресурсу експлуатації 150 тис.

В результаті структурно-фазового аналізу мікрошліфів зразків визначено відносний вміст перліту і фериту та їх розподіл за площею. Виявлено зміни (відмінності), що виникли в результаті напрацювання ресурсу експлуатації паропроводів в ЗТВ, зварювальному шві і основному металі.

Аналіз зображень мікрошліфів дозволив розпізнати структуру матеріалу, визначити відносний вміст структурних складових (фериту та перліту) та оцінити нерівномірність їх розподілу в металі. Одержана інформація дозволить в подальших дослідженнях визначити тенденції у структурних змінах металу для різних частин металу паропроводів.

МОДЕЛЮВАННЯ ЗВАРЮВАЛЬНОГО НАГРІВАННЯ ПРИ ВИГОТОВЛЕННІ РОТОРА ТУРБІНИ АЕС

Дмитрик В. В., Зелінська А. В.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

Проблема підвищення експлуатаційних характеристик роторів парових турбін великої потужності набуває виняткової актуальності. Ротори парових турбін для ТЕС виготовляють зі сталі 25Х2НМФА (ТУ 108.1082.82). Зварні з'єднання з наведеної сталі виготовлені з використанням штатного режиму характеризується наявністю на ділянках сплавлення, перегріву і нормалізації зони термічного впливу (ЗТВ) великих аустенітних зерен. Попередження формування крупнозернистої аустенітної структури представляється можливим шляхом удосконалення зварювальної технології виготовляємих з'єднань, що доцільно для підвищення їх експлуатаційних характеристик. Удосконалення технології передбачало використання оптимізованих параметрів режиму зварювання, підібраних на основі чисельних даних, характеризуючих зварювальний нагрів виготовляємих з'єднань. Чисельні дані отримували шляхом моделювання зварювального нагріву виготовляємих зразків-свідків зі сталі 25Х2НМФА. Встановили, що зварювальний нагрів дозволяє зменшити час перебування металу ділянок сплавлення і перегріву ЗТВ зварного з'єднання в області температур інтенсивного росту аустенітних зерен. Вихідна структура сталі 25Х2НМФА в зразках-свідках складалася з відпущеного нижнього бейніту і невеликої кількості (7-9%) ферито-карбідної суміші. Критичні точки сталі $A_{c1}=760^{\circ}\text{C}$, $A_{c2}=820^{\circ}\text{C}$.

Систему рівнянь Нав'є-Стокса вирішували спільно з рівнянням теплопровідності для визначення температури в рідкій і твердій фазах:

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{У рідкій фазі:} \\ c\rho \frac{\partial T}{\partial t} = (\vec{V} \Delta T) + \alpha \Delta T \\ \text{У твердій фазі:} \\ c\rho \frac{\partial T}{\partial t} = \alpha \Delta T \end{array} \right.$$

Вирішення теплової задачі забезпечило отримання ізотерм, що характеризують температурний режим в зварному з'єднанні. При вивченні полів температур визначали границю між рідкою і твердою фазами, а також температурний режим процесу кристалізації, що дозволило виявити умови формування структури металу шва і ділянок ЗТВ. Чисельне рішення теплової задачі забезпечило отримання гладко апроксимованих ізотерм температур, що дозволило:

1. Уточнити особливості формування структури металу шва і ділянок ЗТВ;
2. Виявити (з подальшим попередженням) місця локального перегріву металу шва і ділянок ЗТВ, де утворюються бракувальні структури або структури близькі до бракувальних;
3. Оцінити загальний рівень структурної неоднорідності зварних з'єднань.

ОСОБЛИВОСТІ ЗВАРЮВАННЯ МАГІСТРАЛЬНИХ ТРУБОПРОВОДІВ

Дрижаног Б.А., Маршуба В.П.

Національний технічний університет

«Харківський політехнічний інститут», м. Харків

В наступний час послідовний розвиток нафтогазової галузі вимагає постійної роботи щодо подальшого вдосконалення трубопровідних систем, так як є найбільш ефективним видом транспортування вуглеводневої сировини і продуктів його переробки. Відомо, що на сучасному етапі розвитку технології будівництва магістральних трубопровідних систем зварне з'єднання секцій є основним. Якість проведення зварювальних робіт поряд з іншими факторами впливає на подальшу безпечну експлуатацію трубопроводів та їх економічну ефективність. Для будівництва сучасних трубопроводів застосовуються сталеві безшовні та електрозварні труби, що в більшості своїй виготовлені з низьколегованих сталей, в тому числі з термічним і термохімічним зміцненням марок 17ГС, 17Г1С, 10Г2БТЮ, 10Г2ФБЮ, 08ГБФТЮ, і ін.

Укладання трубопроводів може здійснюватися безперервно або секціями. При будівництві магістральних трубопроводів застосовують секційний метод укладання. Труби, що надходять на польові зварювальні бази, з'єднують в секції довжиною 24...36 м, після чого секції транспортують на місце збірки (трасу) і зварюють остаточно. Всі з'єднання на магістральних нитках здійснюються зварюванням в стик, використання підкладних кілець не дозволяється. При з'єднанні труб в секції використовують поворотні стики, при зварюванні трубопроводу – неповоротні.

Збірка труб в секції під зварювання здійснюється із застосуванням внутрішніх центраторів, трубопроводів – зовнішніх. Застосування внутрішніх центраторів дозволяє механізувати операцію складання більш повно, крім того, зібраний стик виявляється цілком доступним для зварювання, дозволяючи виконувати кореневої шов від початку до кінця без зупинок і прихваток, що позитивно впливає на якість зварного з'єднання. При з'єднанні секцій у трубопровод з використанням трубоукладачів і зовнішніх гідравлічних центраторів забезпечує високу ступінь механізації процесу складання, однак зварювальні роботи, як правило, виконуються вручну. При складанні і зварюванні секцій на польових базах використовуються механізовані лінії. Збірку секцій здійснюють за допомогою внутрішнього центратора, який використовується в якості вращателя. Кореневої шов виконується ручним дуговим зварюванням покритими електродами або напівавтоматами з порошковим дротом в середовищі вуглекислого газу. Після виконання корневих швів зібрана секція передається на другий стенд, де стики остаточно зварюють автоматами під шаром флюсу.

На думку Міжнародних конференцій, що проводяться Міжнародним інститутом зварювання, при зварюванні в польових умовах основними залишаються такі традиційні процеси дугового зварювання: покритими електродами; напівавтоматичне зварювання електродами, що плавиться з використанням суцільного дроту і порошкового дроту; зварювання під шаром флюсу.

ПРО СПОТВОРЕННЯ В АКСОНОМЕТРИЧНИХ ПРОЕКЦІЯХ

Журило А.Г.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

Як наслідок, з основних властивостей аксонометрії, усі аксонометричні проекції мають однакове спотворення. Це має велике практичне значення.

Наприклад, точні коефіцієнти спотворення для ізометричної проекції становлять: $K_x = K_y = K_z = 0,82$. Але на практиці часто використовують коефіцієнти спотворення $K_x = K_y = K_z = 1$. Пов'язане це з тим, що при побудові аксонометрії кресляр буде вимушений кожен розмір (як мінімум раз, а максимум – тричі) помножити на 0,82 та округляти отриманий результат треба не грубо, а з однаковим наближенням. Тому наведені коефіцієнти спотворення вибираються таким чином, щоб спростити аксонометричні масштаби і перехід натуральних координат в аксонометричні. Для цього застосовують коефіцієнти спотворення рівні одиниці, збільшуючи приблизно в 1,22 рази їхню натуральну величину.

На рис. 1 зображено для зрівняння нормальна і збільшена ізометричні проекції куба з ребром, рівним одиниці натурального масштабу [1]. Як видно з кресленика, нормальне і збільшене зображення відрізняються одне від одного лише розмірами, зберігаючи всі інші властивості, у тому числі і наочність. А трудомісткість побудови знижується, що важливо для початківців.

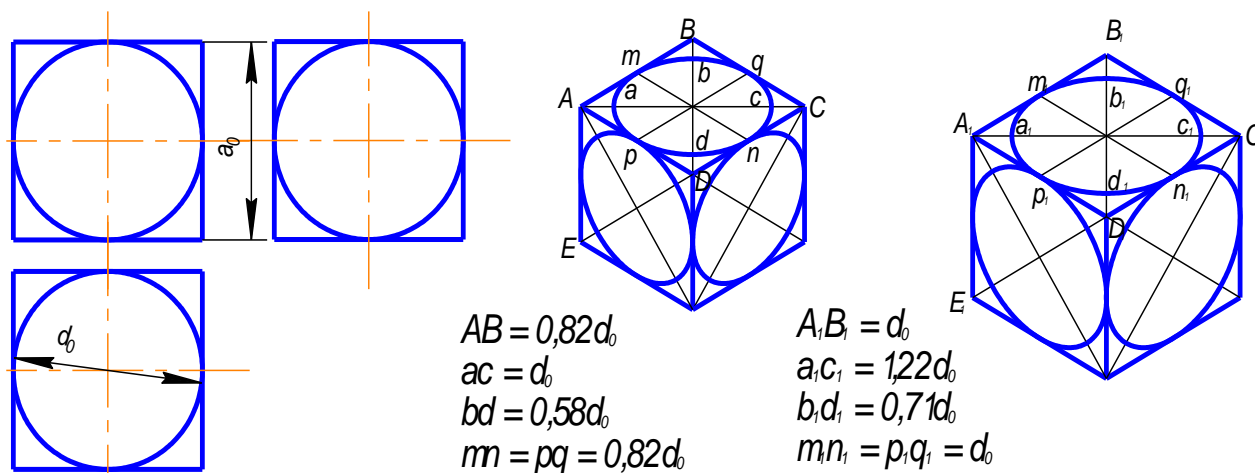


Рисунок 1. Нормальна і збільшена ізометричні проекції куба з ребром, що дорівнює одиниці натурального масштабу [1]

Таким чином, з основної теореми аксонометрії, дуже легко вивести основні властивості аксонометричних проекцій, які є ідентичними властивостям ортогональних креслеників. При побудові аксонометрії з коефіцієнтом спотворення $K_x = K_y = K_z = 1$, натуральну величину треба збільшити приблизно в 1,22 рази. Нормальне і збільшене зображення відрізняються одне від одного лише розмірами, зберігаючи всі інші властивості, у тому числі і наочність при суттєвому зниженні трудомісткості побудови аксонометрії.

Література:

1. Журило А.Г. Теоретичні та практичні основи аксонометрії [Текст] / А.Г Журило. Навч. посібник. Х.: НТУ «ХПІ», 2010. - 196 с.

ОСОБЛИВОСТІ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЗВАРЮВАННЯ ТЕРТЯМ З ПЕРЕМІШУВАННЯМ

Заїка Д.В., Сітніков Б.В.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

Зварювання тертям з перемішуванням (ЗТП) є відносно новим методом отримання нероз'ємних з'єднань матеріалів (запатентована в 1991 році). ЗТП є процесом з'єднання матеріалів в твердому стані, що виконується обертовим інструментом, який забезпечує за рахунок тертя розігрів, пластифікацію і перемішування матеріалу, що з'єднуються.

В останні роки в зв'язку з появою нових типів обладнання з системами числового програмного керування даний вид зварювання починає широко застосовуватися у виробництві конструкцій різного призначення. В різних галузях промисловості за допомогою ЗТП виготовляються з високоміцних алюмінієвих сплавів великі відсіки різноманітної техніки. ЗТП є ефективним способом отримання високоякісних з'єднань конструкцій різної геометрії, включаючи листові матеріали, просторові профільні конструкції, труби.

Перевагою застосування зварювання тертям є висока якість одержуваних зварних з'єднань. Деформація і перемішування металу в твердій фазі в умовах «теплоти» та деформації створює мікроструктури міцніші, ніж основний матеріал. Як правило, міцність на розтягнення і втомна міцність зварного шва становить 90 % від цих характеристик для основного матеріалу, на рівні, який забезпечується застосуванням високовартісних електронно-променевого, дифузійного та лазерного видів зварювання. Перехід на перемішування зварювання тертям паливних резервуарів дозволяє досягти скорочення витрат на 60 %, а також скорочення часу виробництва на 50 % при збереженні і навіть підвищенні якості зварного шва, що актуально для сучасного виробництва широкого класу спеціальних конструкцій.

Незважаючи на гадану простоту, процес ЗТП насправді складний. У ньому взаємодіють такі явища, як тепловиділення при терті, утворення і руйнування металевих зв'язків між сполученими поверхнями інструменту та зварюються заготовки в процесі їх відносного руху, швидке нагрівання та охолодження обсягів металу при високому тиску, пластична деформація, деформаційне зміцнення і рекристалізація металу та інші процеси перемішування зварювання тертям недостатньо вивчені.

Виконані дослідження різних авторів дозволяють представити якісну картину явищ, що відбуваються при зварюванні, зробити технологічні прогнози про потенційні можливості процесу. На жаль, в нашій країні промислове обладнання для ЗТП не випускається. У той же час в розвинених країнах застосування зварювання тертям зростає на 15...20 % в рік.

ВАКУУМНО-ДУГОВІ НІТРИДНІ ПОКРИТТЯ НА ОСНОВІ FeCoNiCuAlCrV ВИСОКОЕНТРОПІЙНОГО СПЛАВУ

Звягольський О.В., Соболев О.В.

Національний технічний університет

«Харківський політехнічний інститут», м. Харків

Будівництво конструкцій є основним методом створення нових матеріалів. Завдяки конструкційній конструкції вдається досягти високих функціональних властивостей матеріалів. Це пов'язано зі значним розширенням можливостей управління структурним станом за рахунок використання нерівноважних умов у сучасних технологіях. В результаті за останні роки було створено кілька нових класів композиційних матеріалів. Особливо високі механічні властивості були отримані при створенні багатоеlementних високоентропійних сплавів, які мають просту кристалічну решітку. Потрійний сплав CrCoNi має більш високу в'язкість і твердість порівняно зі сплавом CrMnFeCoNi, що складається з п'яти елементів. Однак, сплав на основі CoNi має високі властивості з різною комбінацією елементів. Додавання Cu до сплаву дозволяє (зберігаючи однофазний стан) значно підвищити пластичність сплаву на міцність на розрив (близько 18%). Крім того, додавання Cr і V сприяє утворенню стійких нітридів і призводить до підвищення зносостійкості. При такому поєднанні елементів можна очікувати значного збільшення механічних властивостей під час утворення покриттів нітридів.

Покриття осаджували на вакуумній установці «Булат-6». Катод необхідного складу попередньо виготовляли вакуумно-дуговим переплавленням багатокомпонентної суміші чистих металевих порошків. Осадження проводили протягом 1 години. Товщина покриття складала 8 мкм. Фазо-структурний стан досліджували на дифрактометрі ДРОН-4 при випромінюванні Cu-K α . Дослідження морфології проводили на скануючому електронному мікроскопі JEOL JSM840; мікроіндентування - на установці «Мікрон-гамма».

Досліджено вплив негативного потенціалу зсуву ($U_b = -40, -110$ і -200 В) при осадженні багатоеlementних покриттів на їх склад, структуру і механічні властивості. Показано, що при використанні високоентропійного багатоеlementного (з 7 елементів) FeCoNiCuAlCrV сплаву можна отримати однофазний нітрид (FeCoNiCuAlCrV)N. Нітрид має ГЦК кристалічну решітку (структурний тип NaCl). Встановлено, що при збільшенні U_b в структурному стані відбувається перехід від практично нетекстурованих (полікристалічне) до переважної орієнтації зростання кристалітів з віссю текстури $[111]$ (при $U_b = -110$ В) і $[110]$ (при $U_b = -200$ В). Це супроводжується зменшенням періоду решітки, а також зниженням твердості і модуля пружності. Для покриттів (FeCoNiCuAlCrV)N найбільша твердість 38 ГПа досягається при використанні найменшого (-40 В) потенціалу зсуву в процесі осадження. Це пов'язано з мінімізацією впливу радіаційностимулюючого фактора (вторинне розпилення) під час осадження покриттів. Показано, що для досягнення високої твердості при великих U_b необхідно збільшувати вміст в високоентропійному сплаві елементів з високою нітридоутворюючою здатністю.

ЧАСТИНКИ ОКСИДУ АЛЮМІНІЮ У ВАКУУМНИХ ПРОВІДНИКОВИХ НАНОДИСПЕРСНОЗМІЦНЕНИХ КОМПОЗИТАХ НА ОСНОВІ МІДІ

Зозуля Е.В.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

Сьогодні основною тенденцією розвитку провідникових дисперснозміцнених композитів стало диспергування зміцнюючої фази до розмірів від декількох десятків нанометрів до декількох одиниць, що може наблизити їх по міцносним властивостям до старіючих сплавів і, за рахунок зниження об'ємного вмісту зміцнюючої фази, допоможе зберегти електропровідність наближено до її значення для металу матриці. Найбільш значного прогресу у диспергуванні часток зміцнюючої фази з рівномірним розподілом її в матричному металі вдалося досягти при застосуванні методу електронно-променевого випаровування й одночасного осадження (конденсації) парів компонентів у вакуумі.

Метою роботи було дослідження впливу технологічних параметрів методу електронно-променевого випару і наступної конденсації у вакуумі на дисперсність і фазовий склад нанодисперсних частинок оксиду алюмінію у вакуумних нанодисперснозміцнених композитах (НДК) на основі міді.

Досліджено вплив таких технологічних параметрів: вмісту Al_2O_3 ($f \in [0,2, 2,5]$ % об.) та температури підкладки ($T_n \in [0,2, 0,5] T_{пл}$ ($T_{пл}$ – температура плавлення міді)). Структурні дослідження проводилися з використанням таких методів як: просвічуюча електронна мікроскопія (електролітично зтоншених конденсатів і вуглецевих реплік з екстрагованими оксидними частками) та енергодисперсійна рентгенівська спектроскопія (EDS).

У вихідному стані НДК мають гетерогенну структуру, що складається з дрібнозернистої мідної матриці та рівномірно розподілених в ній нанодисперсних часток Al_2O_3 , фазовий склад яких змінюється з підвищенням температури підкладки (T_n). Встановлено що вміст f істотно не впливає на середній розмір часток зміцнюючої фази. Відповідно, із зростанням f зростає об'ємна щільність часток і зменшується відстань між ними. Також з підвищенням T_n зростає дисперсія розподілу часток, гістограма стає ширшою й розподіл часток Al_2O_3 стає суперпозицією кількох розподілів зокрема і через появу другої модифікації Al_2O_3 (вище $0,42 T_{пл}$).

Дослідження методу електронно-променевого випару і наступної конденсації у вакуумі, виконані в роботі, показали можливість подальшого диспергування часток Al_2O_3 при одночасному звуженні гістограми розподілу, що дасть змогу ще більше покращити властивості вакуумних нанодисперснозміцнених композитів.

ВАКУУМНІ ПРОВІДНИКОВІ НАНОКОМПОЗИТИ НА ОСНОВІ МІДІ, ЗМІЦНЕНІ ОКСИДОМ Al_2O_3

Зозуля Е.В., Терлецький О. С.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

Нові матеріали на основі міді потрібні для виготовлення струмопровідних деталей високої точності і складного профілю. Такі деталі є важливим елементом сучасної техніки. Технологія електронно-променевого випаровування й одночасного осадження (конденсації) парів компонентів у вакуумі, як вважається, найповніше відповідає висунутим вимогам щодо точності виготовлення деталей. Ця технологія, наприклад, використовується для створення мікроелектромеханічних пристроїв.

Мета роботи – дослідження можливостей технології електронно-променевого випару і наступної конденсації у вакуумі для отримання провідникових наноконкомпозитів на основі міді зі зміцнюючою оксидною фазою (Al_2O_3) з різним співвідношенням характеристик міцності і електропровідності.

Одержані та досліджені в роботі нанодисперснозміцнені композити (НДК), а також розроблені модульовані нанодисперснозміцнені композити (МНДК) системи $\text{Cu}-\text{Al}_2\text{O}_3$ представлено на рис. 1 у порівнянні з сучасними сплавами міді [1] та іншими металами за координатами відповідних властивостей. Привертає увагу значний потенціал наноконкомпозитів у сполученні пластичності, міцності й електропровідності та їх подальшого покращення – властивостей, важливих для практичного застосування. При цьому НДК та МНДК мають найвищу стійкість до термічного впливу і при порівнянні міцності кращу (подекуди більш ніж на 4 %) електропровідність.

Отримані в роботі дані можуть бути використані при створенні високостабільних провідників нового покоління з оптимальним поєднанням міцності і електропровідності.

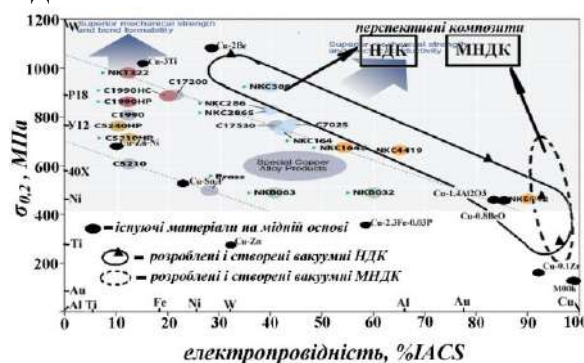


Рис. 1. Границя плинності та електропровідність (% до міді) розроблених вакуумних композитів у порівнянні з іншими матеріалами (фон – дані з [1])

Література:

1. JX Nippon Mining & Metals. Comparison sheet of Copper and Copper Alloy Products [Електронний ресурс] / JX Nippon Mining & Metals – Режим доступу до ресурсу: http://www.nmm.jx-group.co.jp/english/products/01_atsuen/images/Comoarison-sheet.gif (дата звернення 10.03.2020). – Назва з екрана.

РЕЛАКСАЦІЯ НАПРУЖЕНЬ В ЗВАРНИХ З'ЄДНАННЯХ В УМОВАХ ПОВЗУЧОСТІ

Касьяненко І.В., Лучка А.П.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

Зварні з'єднання паропроводів ТЕС, виготовлені із теплостійких перлітних сталей (15X1M1Ф, 12X1MФ), довготривало експлуатуються в умовах повзучості і малоциклової втоми. Умови їх експлуатації характеризуються не тільки наявністю пусків-зупинок енергоблоків, але і зменшенням навантаження до визначеного рівня, що пов'язано зі зміною вироблення електроенергії протягом доби. В процесі маневрової роботи енергоблоків розтягуючі напруження, що відповідають робочому навантаженню на паропровід, зменшуються до відповідного рівня, а потім після заданої витримки знову підвищуються до рівня робочого навантаження. Поступове досягнення робочого навантаження проходить дещо при зменшеному напруженні, що при наявності постійної (умовно) деформації обумовлено релаксацією. Залишкова деформація металу паропроводів відповідно вимогам нормативної документації не повинна перевищувати 1,0-1,5%.

Пружна енергія локальних підвищень напруги спрямовується на роботу пластичного деформування на мікрорівні. Така робота сприяє пошкоджуваності в процесі пластичного деформування, що спостерігається в структурі зварних з'єднань, що довготривало, понад 270 тис. год., експлуатуються в умовах повзучості.

Беручи до уваги, що загальна деформація (γ_z) металу зварних з'єднань складається із пружної ($\gamma_{пр.}$) і пластичної ($\gamma_{пл.}$) компонент, представимо

$$\gamma_z = \gamma_{пр.} + \gamma_{пл.}$$

Поступове накопичення деформації зсуву $d\gamma_{zc.}$, яке зумовлене дислокаціями, що переміщаються на відстань dx впродовж відповідних площин ковзання, складе

$$d\gamma_{zc.} = \rho b dx,$$

де ρ – щільність дислокацій; b – відстань, на яку переміщаються дислокації.

Враховуючи, що щільність дислокацій залежить від швидкості їх пересування (u), запишемо

$$u = \frac{d\gamma_{zc.}}{dt} \cdot \frac{1}{\rho b}.$$

Стосовно металу зварних з'єднань паропроводів (напрацювання 280 тис. год.) середня відстань між порогами на дислокаціях змінюється від 300 до 900 b .

Доцільно визначити, при накопиченні дислокацій біля коагулюючих по границях зерен α -фази, карбідів: енергію активації утворення вакансій; особливості утворення шляхом злиття вакансій, мікронесуцільностей, а також зародкових мікропор. Таке визначення є доцільним для попередження пошкоджуваності і руйнування зварних з'єднань, що довготривало працюють в умовах повзучості і втоми.

НАДЕЖНОСТЬ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ПАРОПРОВОДОВ

Касьяненко И.В.

*Национальный технический университет
«Харьковский политехнический институт», г. Харьков*

Сварные соединения – наиболее интенсивно повреждающиеся элементы паропроводов ТЭС в результате длительной эксплуатации. Этот факт обуславливает необходимость уточнения оценки их надежности, а также остаточного ресурса. Надежность эксплуатации сварных соединений в значительной степени зависит от их исходной структуры.

Целью работы является изучение структурного состояния сварных соединений паропроводов из сталей 15Х1М1Ф и 12Х1МФ, наработка которых составляет свыше 250тыс.ч, в условиях ползучести и малоциклового усталости, для уточнения оценки их надежности.

Для анализа структурного состояния металла сварных соединений применялись методы оптической и электронной микроскопии. Были определены кратковременные, а также жаропрочные свойства, твердость и деформация металла сварных соединений из сталей 15Х1М1Ф и 12Х1МФ, наработка которых составляла свыше 250тыс.ч.

Изменение структурного состояния сварных соединений, эксплуатируемых в условиях совместного проявления условий ползучести и усталости, требует соблюдения определенной последовательности изучения их повреждаемости. Испытания на ползучесть и длительную прочность дают возможность изучать особенности структурных, физико-химических и деформационных превращений в металле сварных соединений. Затем следует изучать повреждаемость, образующуюся в реальных сварных соединениях, а также при испытаниях на усталость. Целесообразно уточнить взаимодействие разрушения по механизму ползучести с разрушением по механизму усталости, а также вид разрушения.

Было установлено, что в совместных условиях проявления ползучести и усталости, переход от второй к третьей стадии кривой ползучести ускоряется. Критическая фаза повреждаемости снижается до 0,25–0,35%. При ее превышении увеличивается степень повреждаемости. Применительно к окончанию второй стадии ползучести зависимость разрушаемости от структурного состояния и уровня деформации увеличивается. Разрушаемость по механизму ползучести и по механизму усталости следует рассматривать как взаимодополняющие эффекты. Повреждаемость сварных соединений (наработка свыше 270000 ч), которая характеризуется наличием пор и трещин ползучести, а также трещин усталости, составляющих 0,25–0,35 от объема участка зоны термического влияния, а также от объема металла шва, является критической. В основном металле критическим можно считать уровень повреждаемости, составляющий 0,35–0,40. При наличии приведенного уровня повреждаемости необходимо производить замену поврежденных сварных соединений в течение 15-20тыс.ч.

ВСТАНОВЛЕННЯ МЕХАНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПІСЛЯ БОРУВАННЯ АУСТЕНІТНОЇ СТАЛІ 1.4301

Князєв С.А., Реброва О.М, Єфименко Н. В.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,
м. Харків*

Відомо, що сталі аустенітного класу (без дисперсійного твердіння) не зміцнюються шляхом термічної обробки. Одним з найпоширеніших способів зміцнення цього класу сталей є холодна пластична деформація за рахунок наклепу. Європейська сталь аустенітного класу 1.4301 є популярною у різноманітних сферах машинобудування і в своєму складі має 17,5-19,5 % хрому та 8 – 10,5 % нікелю. Даний склад забезпечує певну кислотостійкість, стійкість у середовищі хлорид іонів, високу пластичність та ударну в'язкість. Однак даний клас сталей не забезпечує високої зносостійкості. Зносостійкість можна підвищити методами хіміко-термічної обробки, при чому один вид ХТО доволі широко використовується для зміцнення аустенітних сталей. Це газове азотування, однак утворення нітридних шарів не завжди вирішує поставлені задачі по поверхневому зміцненні, а головне, суттєво ускладнює технологію отримання виробу. Так для отримання товстих дифузійних шарів необхідно застосовувати дуже тривалі процеси насичення (декілька десятків годин) з застосуванням складного спеціалізованого обладнання.

Борування забезпечує високу поверхневу зносостійкість, а витримка при боруванні, - розчинення карбідів зі збільшенням ударної в'язкості (особливо в малих поперечних проекціях).

Порошкові суміші, з яких проводиться борування, дуже технологічні і непримхливі. Доступність сумішей з порошків склад яких є ноу-хау автора дозволяють широко використовувати процес, для зміцнення поверхонь деталей машин.

Процес борування проводився у контейнері, який звантажувался у прогріту камерну піч з окисною атмосферою. Температура обробки становила 1000 °С, тривалість витримки 2,5 години. Далі зразки охолоджувались на повітрі.

Результати обробки були отримані на зразках для механічних випробувань. Зразки досліджувались металографічно з виявленням борованого шару. Додатково встановлювались показники твердості, мікротвердості, міцності та ударної в'язкості. Дослідження встановили, що окрім підвищення макро- та мікротвердості збільшились показники міцності на 30 % та показники ударної в'язкості на 15% при 9 - 15% площі перетину, яка змінила структуру після борування (зразки на удар 4x4 мм, на розтяг діаметром 3 мм). Більш розгорнуто про результати у доповіді.

Таким чином, запропонований варіант борування сталі 1.4301 дає змогу сформуванню зносостійкий шар з поєднанням високоефективної зміцнюючої обробки яка ефективна для деталей невеликої товщини.

ДОСЛІДЖЕННЯ СУЧАСНИХ МЕТОДІВ РОЗРОБКИ LEVEL-ДИЗАЙНУ ТА ВИКОРИСТАННЯ ЇХ ДЛЯ СТВОРЕННЯ 3D МОДЕЛЕЙ ДЛЯ КОМП'ЮТЕРНОЇ ГРИ

Котов Є.В., Шеліхова І.Б.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,
м. Харків*

Комп'ютерна графіка - незамінний інструмент для багатьох сфер життя суспільства: реклама, кіно, мультиплікація, ігри. Тривимірна графіка еволюціонувала від специфічного інструменту вузького кола людей до одного з найпопулярніших інструментів в медіа індустрії. 3D графіка дозволяє створити реалістичне зображення. Перспективи розвитку тривимірної графіки дуже великі. Крім звичного використання графіки в іграх, в кіно, все більше розвивається технологія тривимірного друку, що розширює можливості і з кожним днем охоплює все нові сфери застосування 3D графіки. Постійне вдосконалення комп'ютерного обладнання та програмного забезпечення зробило 3D-технології доступними.

Метою роботи є дослідження сучасних методів розробки level-дизайну та використання їх для створення 3D моделей для комп'ютерної гри.

Дизайн рівнів - це дисципліна розробки ігор, яка передбачає створення рівнів, локальних місій, місій або етапів відеоігор. Це робиться за допомогою якогось редактора рівня - програмного забезпечення, яке використовується в розробці ігор для побудови цифрових середовищ. У випущені ігри також можуть бути включені редактори рівнів, які дозволять гравцям проявляти творчість та створювати власні рівні та сценарії. Дизайн рівня - це як технічний, так і художній процес.

У роботі розглядається кожен аспект розробки level-дизайну та методики для прискорення розробки.

Також в результаті роботи було створено високо полігональні моделі оточення, на основі яких були зроблені низько полігональних моделі, щоб оптимізувати їх роботу в ігровому движку. Створено PBR матеріали для 3D моделей. В результаті виконання наукової роботи було досліджено сучасні методи розробки level-дизайну. Створено 3D моделі оточення для комп'ютерної гри.

ЕЛЕКТРОННО-ПРОМЕНЕВЕ ЗВАРЮВАННЯ ЖАРОМІЦНИХ СПЛАВІВ

Крахмальов О.В.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

При електронно-променевому зварюванні вузлів із жароміцних сплавів ХН62ВМЮТ та ХН45МВТЮБР товщиною 10 – 15 мм при швидкості зварювання 40 м/год. в металі шва утворюються гарячі тріщини. Вони орієнтовані по границях стовбчастих кристалів поперек вузької частини шва. Підвищити стійкість металу шва проти утворення гарячих тріщин при зварюванні жароміцних сплавів можна за рахунок додаткового його легування вольфрамом, молібденом і кобальтом, які підвищують енергію активації дифузії в твердому розчині і можуть сприяти утворенню високотемпературної другої фази.

Застосування при електронно-променевому зварюванні порошкових прошарків із вольфраму і кобальту практично не впливає на процес проплавлення електронним променем і формування шва. Легування металу шва порошковим молібденом спричиняє інтенсивне кипіння зварювальної ванни і розбризкування розплавленого металу. Процес формування зварного шва проходить нестабільно, з виплесками і місцевими не сплавленнями зварюваних кромок. Поверхня шва має велику будову з підрізами і порожнечами. Таке погіршення процесу проплавлення і формування шва обумовлено виділенням із розплавленого металу окислів молібдену, які знаходяться на поверхні порошку, а у вакуумі мають підвищену летючість. При легуванні металу шва молібденом за рахунок його введення в стик у вигляді фольги товщиною 0,25 мм погіршення процесу електронно-променевого зварювання не спостерігається. Це пояснюється меншим вмістом на поверхні фольги окислів молібдену. Додаткове легування металу шва призводить до того, що дендритна структура переходить в комірчасту, а після старіння відбувається часткове для кобальту і повне для молібдену і вольфраму гальмування утворення вторинних границь.

Модифікація металу шва вольфрамом і молібденом, а також легування його кобальтом значного впливу на мікроструктуру не має. При цьому після зварювання метал шва має однофазну структуру, а після старіння з'являється сітка вторинних границь. При легуванні металу шва молібденом ньому з'являється друга фаза і окремі скупчення нерозплавлених часток молібдену неправильної форми, а при легуванні вольфрамом спостерігаються точкові вclusions порошку по границях зерен і скупчення нерозплавлених часток овальної форми. При механічних випробування зварних з'єднань виявлено, що руйнування в усіх випадках відбувається по шву. Відносно подовження та ударна в'язкість зварних з'єднань при додатковому легуванні металу шва кобальтом до 9 – 10 % збільшуються, а введення в метал шва 8 – 9 % вольфраму знижує ці показники через осадження по межах зерен нерозплавленого порошку вольфраму.

МЕТОДИ ІНЖЕНЕРІЇ ПОВЕРХНІ

Крахмальов О.В.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

Методи керування властивостями поверхні умовно можна поділити на такі основні групи: нанесення покриттів, легування поверхні, модифікація структури поверхневого шару. Інженерія поверхні металів займається розробкою методів обробки поверхневих шарів і нанесення покриттів із заданими властивостями, дослідженням їх структури та експлуатаційних властивостей.

При нанесенні покриття на поверхні виробу формується додатковий шар матеріалу, що за своїм складом у більшості випадків відрізняється від основного матеріалу деталі. При цьому габаритні розміри деталі збільшуються на товщину шару покриття, що дає можливість використовувати методи нанесення покриттів не тільки при виготовленні нових, але і при відновленні спрацьованих деталей і конструкцій.

При легуванні поверхні або модифікації її структури зміна властивостей поверхні відбувається внаслідок зміни хімічного складу поверхневого шару матеріалу деталі чи зміни його структурного стану. Розміри виробу при цьому не змінюються. При нанесенні покриттів забезпечується нова якість деталі, тобто підвищується довговічність, покращуються тепло- і електрофізичні властивості, набувається привабливий зовнішній вигляд. Як основа може бути використаний не тільки метал, а і скло, порцеляна, фаянс, дерево, тканина, папір, картон та ін. Залежно від виду енергії, що використовується для обробки, всі методи створення поверхневих шарів умовно можна поділити на шість груп.

Механічні методи використовують енергію тиску інструментів або частинок для холодного зміцнення поверхневого шару (обкочування і наклеп). Термомеханічні методи використовують вплив теплової і кінетичної енергії з метою одержання покриттів шляхом газотермічного напилення, тобто формування на поверхні деталі шару матеріалу шляхом взаємодії з основою потоку частинок, нагрітих і прискорених у струмені високотемпературного газу. Використовується також плакування поверхні, тобто покриття металу основи іншим металом чи сплавом за допомогою тиску на матеріал покриття при підвищеній температурі. Можна також зміцнювати метал чи сплав ударною хвилею, що виникає внаслідок над швидкого випаровування матеріалу основи завдяки дії сильного концентрованого потоку електронів чи фотонів.

Існують також термічні, хіміко-термічні, хімічні, електрохімічні та фізичні методи нанесення та зміцнення покриттів металів і сплавів. Вони використовують теплову енергію і вплив хімічного середовища на метал. Такі покриття можуть бути одношаровими чи багатшаровими. Хімічне осадження дає можливість одержати покриття внаслідок хімічного відновлення і застосовується для поверхонь складної форми.

ХОЛОДНЕ ВИДАВЛЮВАННЯ КУЛЬКОВОГО ПАЛЬЦЯ

Кузьменко В.І., Абрамов М.С.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,
м. Харків*

У роботі проведено аналіз літератури з питань розробки процесу холодного видавлювання кулькового пальця і визначено базовий спосіб (рис.1), який дозволяє підвищити стійкість інструменту і якість стрижневих деталей цього типу при виготовленні їх на холодно висадочних автоматах.

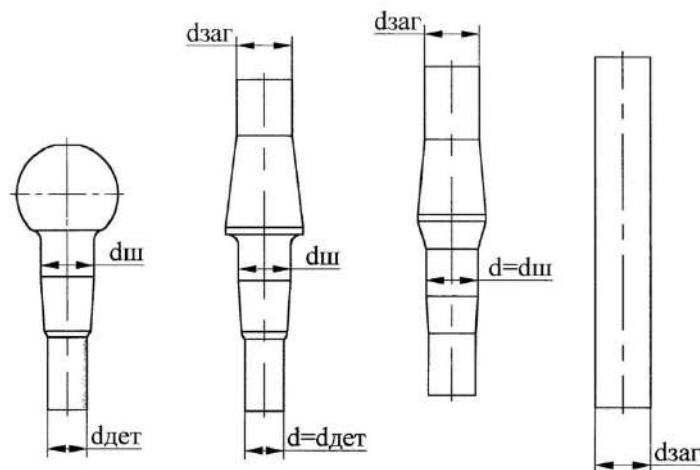


Рисунок. 1. Переходи холодного видавлювання кулькового пальця.

Процес дозволяє виготовити задану деталь лише за 3 переходи заготовки і включає першу і другу попередні висадки головки з остаточним редукуванням стержня і остаточну висадку кульової головки. Одночасно з попередніми редукуванням стержня і конуса на першому переході висадки роблять редукування підголовку циліндричної частини. Діаметр підголовка циліндричної частини (d) дорівнює остаточного діаметру підголовка готової деталі ($d_{дет}$). Діаметр заготовки ($d_{заг}$) вибирають із співвідношення $(1,05-1,1) \cdot d_{ш}$, де $d_{ш}$ – діаметр циліндричної частини підголовка готової деталі. При даній технології покращуються умови течії металу і якість готових деталей.

Подальші дослідження будуть присвячені удосконаленню технологій холодного видавлювання різноманітних кулькових головок стрижневих деталей з використанням математичного моделювання в програмному пакеті DEFORM-3D, який заслужено вважається найбільш точною системою для моделювання складних тримірних процесів пластичного деформування металів [1].

Література:

1. Биба Н. В. Эффективное применение моделирования для разработки технологии штамповки /Н. В. Биба, А. И. Лишний, С. А. Стебунов //Кузнечно-штамповочное производство. – 2001, №5. – С. 22-36.

ВПЛИВ ТЕМПЕРАТУРИ ПІДКЛАДКИ НА ТЕРМІЧНУ СТАБІЛЬНІСТЬ СТРУКТУРИ ТА МІКРОТВЕРДІСТЬ ВАКУУМНИХ КОНДЕНСАТІВ СИСТЕМИ Cu-Mo

Кучерський В.Ю., Рябоштан В.А., Губанова А.В., Жадько М.О.,
Зубков А.І.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,
м. Харків*

В роботі розглянуто питання основного недоліку наноматеріалів – їх низька термічна стабільність. Останні дослідження показали, що деякі легуючі елементи, такі як Мо або Та, концентруючись на границях розділу, спричиняють супротив зростанню зерна матричного металу з підвищенням температури. Разом с тим, фізичний механізм цього процесу досліджений недостатньо. У зв'язку з тим, ціллю цієї роботи є продовження досліджень у цьому напрямку.

Відомо, що основним термостабілізуючим фактором зерневої структури є частки другої фази, що формуються при високих температурах осадження, або зернограничні сегрегації, які формуються при низьких.[1] Для того, щоб порівняти ступінь впливу цих факторів були підібрані зразки у вигляді тонкої плівки системи Cu-Mo товщиною 20 мкм, що містять Мо 0,3 ат. %, отриманих PVD-технологією при температурах конденсації 150 та 450 °С. Були виміряні розмір зерна та мікротвердість до та після відпалу при 900 °С на 30 хв. щоб з'ясувати вплив температури конденсації на термостабільність зразків.

Результати дослідів доводять позитивну кореляцію супротиву росту зерна (рис.1а) та зниження мікротвердості (рис.1б) від температури конденсації.

Тобто зернограничні сегрегації ефективніше підвищують здатність структури та міцностних властивостей витримувати температурний вплив, ніж частки другої фази.

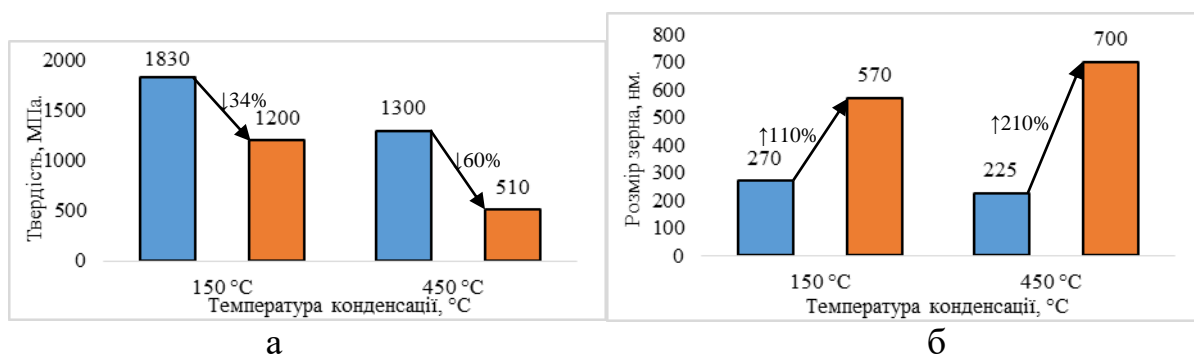


Рисунок 1 – Залежність зміни росту зерна (а) та мікротвердості (б) від температури конденсації системи Cu-Mo після відпалювання.

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ СТАНУ ПОВЕРХНІ НА КОРОЗІЙНУ СТІЙКІСТЬ СТАЛІ

¹Лалазарова Н.О., ¹Дощечкіна І.В., ¹Омельченко В.В., ²Афанасьєва О.В.

¹*Харківський національний автомобільно-дорожній університет,*

²*Харківський національний університет радіоелектроніки, м. Харків*

У морських умовах корозії піддаються надводні та підводні частини судів, споруди морських портів, а також деталі морського оснащення, що дуже часто виготовляються із вуглецевих та низьколегованих сталей. Повністю запобігти корозії металів неможливо, тому єдиним шляхом боротьби з нею є пошук способів її уповільнення, наприклад, технологічними методами – формуванням певної якості поверхневого шару термічною (структури) та механічною (шорсткості) обробкою [1, 2].

Дослідження електрохімічної корозії сталі 40 у середовищі морської води проводили на зразках у вигляді кілець, які піддавали термічній обробці за різними режимами (відпалу, нормалізації, гартуванню з низьким, середнім і високим відпуском), потім обробляли точінням надтвердим інструментальним матеріалом гексаніт-Р з подачею 0,07 мм/об і 0,14 мм/об.

Аналіз отриманих результатів показав, що для всіх сталей, окрім сталі після гартування і середнього відпуску, після корозійного впливу (384 години) шорсткість зменшується до 30 %.

Для сталі після гартування і середнього відпуску шорсткість практично не змінюється. Для всіх зразків з різною мікроструктурою із збільшенням вихідної шорсткості спостерігається збільшення показників корозійної стійкості (втрата маси з одиниці площини та швидкість протікання корозійного процесу) на 15-40 %, корозійний вплив на поверхнях зразків – не рівномірний.

Дослідження впливу стану поверхні на показники корозійної стійкості показали, що зменшення висоти нерівностей на 1 мкм призводить до зниження втрати маси з одиниці площини: для сталі після відпалу – на 4,3, нормалізації – на 1,64, гартування і низького відпуску – на 0,41, гартування і середнього відпуску – на 9,68, гартування і високого відпуску – на 6,43 г/м².

Найбільший вплив зміна шорсткості має на корозійну стійкість сталі із структурою тростит відпуску з дрібнодисперсними глобулярними карбідами, що рівномірно розподілені за тілом зерна.

Таким чином, підвищення корозійної стійкості виробів з середньовуглецевих сталей, які працюють в морській воді, можна досягти оптимізацією якості поверхневого шару термічною та механічною обробкою.

Література:

1. Кофанова Н. К. Коррозия и защита металлов : учебное пособие для студентов технических специальностей. Алчевск : ДГМИ, 2003. 181 с.
2. Демкин Н. Б., Рыжов Э. В. Качество поверхности и контакт деталей машин. М. : Машиностроение, 1981. 244 с.

СТВОРЕННЯ МОТИВАЦІЙНОГО РОЛИКУ ДЛЯ КОМУНАЛЬНОГО ПІДПРИЄМСТВА «МІСЬКВОДОКАНАЛ» ТОКМАЦЬКОЇ МІСЬКОЇ РАДИ

Лісова Д.М., Матюшенко М.В.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

На даний час мультимедіа займають величезну частину нашого повсякденного життя. Робота має реальний характер і виконана за замовленням на потребу керівника підприємства. Метою було створення мотиваційного відеоролику в середовищі програми 3dsMax2018. Темою ролику стала пропаганда раціонального використання води.

Сюжет роботи є простим: наочно донести взаємозв'язок закручування не до кінця звичайного побутового крану та лічильнику води. Тобто, ролик показує наскільки важливо звертати увагу на елементарні речі, бо це може вберегти від переплати за комунальні послуги, а саме зменшити рахунок за користування водними ресурсами. Загалом КП «Міськводоканал» - це установа міського значення, яка відповідає за постачання води у м. Токмак і районі. Саме тому створений ролик має бути зрозумілим для населення.

Відео буде розміщено на офіційному сайті підприємства та на сторінках в соціальних мережах .

На рисунку наведено кадр з ролику, затвердженого замовником.



Рисунок 1.

В результаті роботи було отримане коротке, але інформативне відео, яке доступно доносить споживачам значимість економії як фінансів, так і природних ресурсів.

МЕТОДИЧНИЙ ПІДХІД ДО СТВОРЕННЯ ТРИВИМІРНОЇ МОДЕЛІ ПЕРСОНАЖУ

Лубенець А.В., Сімонова О. Г.

***Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків***

Складно заперечувати актуальність теми в часи розвитку інформаційних технологій. Тривимірна графіка сильно переплетена у багатьох сферах нашого життя, наприклад: під час створення макету будівлі, деталі чи будь-яких речей, які використовуються у побуті та потребують проектування, що значно зменшує час виконання поставленої задачі у порівнянні з паперовими кресленнями, а також надає можливість оперативно вносити зміни у проект. Іншою сферою використання виступає кіно, яке не може обійтись без комп'ютерної графіки, теж саме відноситься і до комп'ютерних ігор. Не можна забувати і про створення рекламних роликів чи плакатів, що значно зменшує затрати на їх створення.

Під час проектування було розглянуто технології, принципи та методи моделювання, побудови сцени, які включали в собі етапи та вимоги для побудови сцени, отримано нові навички роботи з середовищем розробки тривимірної графіки та моделювання 3d персонажів, що у подальшому покращить та пришвидшить створення робіт.

3d моделі створюється поетапно, якщо розглядати персонажів, то спочатку моделюються голова, пізніше руки та ноги, потім – тулуб, після чого відбувається «зшивання» частин тіла, останніми кроками залишаються: створення волосся та рисування текстур. Якщо розглядати оточення персонажу, то спочатку створюються локації, пізніше відбувається заповнення інтер'єром та екстер'єром саме місце дії.

Якщо розглядати розробку проекту, то можна його поділити на етапи: поява ідеї – потрібно добре розуміти та уявляти, що буде створено у подальшому, після чого відбувається розробка концепт-артів та дизайну, моделювання персонажів та їх оточення, підготовка моделі для накладання текстур, після – текстурінг. Якщо це персонаж, також створюється скелет, після чого відбувається «прикріплення» його до моделі та створення анімації. Одяг (якщо він, звісно, не є частиною персонажа) та волосся анімується окремо від персонажа. На останньому етапі потрібно налаштувати сцену та світло в ній, після чого відбувається рендерінг - процес отримання зображення або відео моделі за допомогою комп'ютерної програми.

У подальшому проект може бути використаний в інших роботах, з якого можуть бути запозичені частково моделі чи локації, окрім цього він може виступати демонстрацією набутих навичок у роботі з тривимірною графікою при влаштуванні на роботу. Або за рахунок продажів цифрових копій проекту або окремих моделей може почати приносити прибуток.

НАНОШАРОВІ БАГАТОПЕРІОДНІ ПОКРИТТЯ НА ОСНОВІ НІТРИДУ ЦИРКОНІЮ: СКЛАД, СТРУКТУРА, ВЛАСТИВОСТІ

Любченко І.В., Постельник Г.О., Соболев О.В.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

Важливим напрямком сучасної промисловості є розробка і застосування тонкоплівкових захисних покриттів, так як вони дозволяють вирішити проблеми посилення процесів і ресурсозбереження в машинобудівних, медико-біологічних та інших галузях. З метою підвищення фізико-механічних властивостей покриттів було запропоновано створити багат шарове покриття шляхом осадження декількох компонентів - ZrN/TiN. Наразі система ZrN/TiN викликає все більший інтерес завдяки високим функціональним властивостям (твердість, корозійна стійкість та високі трибологічні властивості).

Для прогнозованого отримання необхідних властивостей важливо встановлення базових (для використання методу структурної інженерії) залежностей фазового складу, розміру та орієнтації кристалітів, їх мікродеформований стан від умов формування, з яких найбільш важливими є тиск азотної атмосфери і від'ємний потенціал зсуву.

Для отримання ZrN-TiN покриттів використовували вакуумно-дугову установку «Булат-6», яка модернізована генератором додаткових високовольтних імпульсів. Методом рентгенівської дифрактометрії на дифрактометрі «ДРОН-4» досліджувався фазовий склад, структурний та субструктурний стан покриттів. Рентгенівську зйомку проводили в Cu-K α випромінюванні, для монохроматизації реєстрованого випромінювання застосовувався графітовий монохроматор, який встановлювався у вторинному пучку. Для розшифрування дифрактограм використовувалися таблиці Міжнародного центру дифракційних даних Powder Diffraction File. Субструктурні характеристики визначалися методом апроксимації. Морфологія поверхні досліджувалася на растровому електронному мікроскопі.

Встановлено, що фазовий склад осаджених покриттів змінюється в залежності від тиску азоту. Спочатку формуються зародки Zr з незначною кількістю Zr₂N, потім формується ZrN без текстури, з подальшим ростом тиску азоту формується текстура з переважною орієнтацією [111] для фази ZrN.

Зміна від'ємного потенціалу зсуву не впливає на фазовий склад, проте впливає на текстурування покриттів. Підвищення тиску азотної атмосфери і потенціалу зсуву призводить до зменшення як кількості, так і розміру крапельної фази.

На отриманих ZrN/TiN покриттях встановлений оптимальний параметр тиску азотної атмосфери 0,1 ... 0,2 Па, при якому формуються дрібні кристаліти, низький рівень мікродеформації і найбільша твердість: $L \approx 20$ нм, $\langle \epsilon \rangle \approx 0,2\%$, $H = 42$ ГПа відповідно.

СТВОРЕННЯ УМОВ НАПРАВЛЕНОЇ КРИСТАЛІЗАЦІЇ У ВИЛИВКАХ З МАСИВНИМИ ВУЗЛАМИ

Мариненко Д.В., Русабров А.Є., Пономаренко О.І.

Національний технічний університет

«Харківський політехнічний інститут», м. Харків

У машинобудуванні багато деталей працюють в умовах навантажень, яке супроводжується появою тріщин, а потім і повним виходом деталі з робочого стану.

Оскільки тріщини в деталях неприпустимі, то їх слід усувати ще на етапі лиття. Тому перед конструкторами і технологами виникає цілий ряд складних питань, які потрібно вирішити на етапі проектування технології отримання виливки.

Якщо по всій поверхні виливки тепло буде відводиться в форму абсолютно однаково, навіть при високій інтенсивності, в результаті залишаться місця виливка з перегрівом і, отже, з усадкою. Звідси можна зробити висновок, що відбір тепла від тіла виливки потрібно робити не рівномірним.

Для досягнення необхідного процесу кристалізації використовується метод спрямованої кристалізації, яка досягається шляхом правильного підведення ливникової системи, розстановкою додатків над масивними вузлами, використанням екзотермічних сумішей та додатків, а також холодильників рис 1.

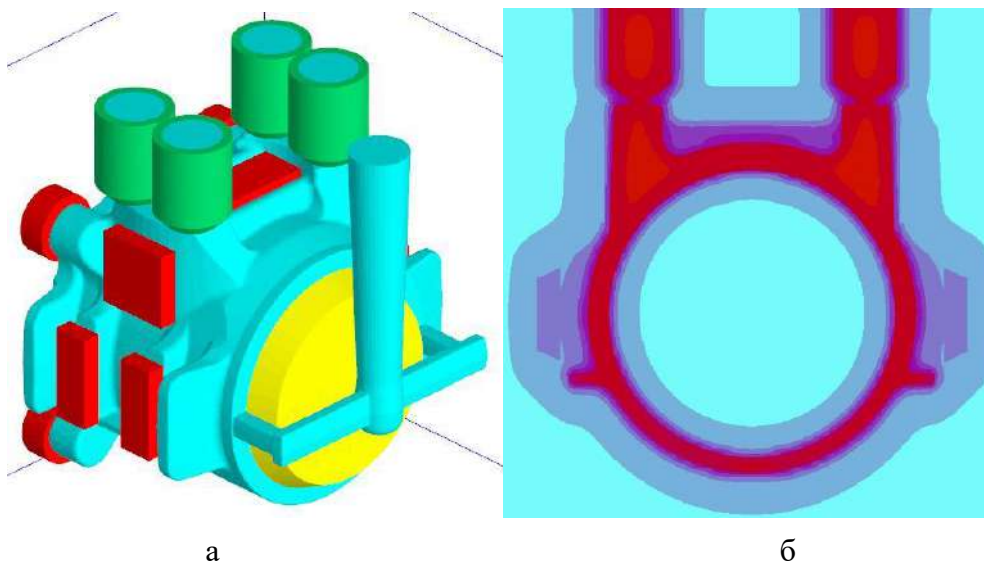


Рис. 1: а – Розташування технологічних елементів; б – поширення температурного поля.

Однак навіть при такому підході можна чітко бачити, що місцевий перегрів форми у внутрішніх радіусах виливка присутній, при цьому товщина стінки залишається практично не змінною.

Звідси зробимо висновок, що при розробці технології, слід враховувати і температурний градієнт в формі. Зміна щільності форми дозволить контролювати температурний градієнт у внутрішніх кутах виливки, тим самим позбавити від місцевого перегріву і дефектів усадки.

МЕТОД НЕОРГАНІЗОВАНОЇ ШВИДКОСТІ ПРОКРУТКИ СТОРІНКИ ДЛЯ ОТРИМАННЯ ВІЗУАЛЬНОЇ ІНФОРМАЦІЇ

Мельниченко В.О., Глібко О. А., Матюшенко М.В.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут» м. Харків*

На сьогодні невід'ємною частиною нашого життя є вплив комп'ютерної графіки у всіх її проявах на здатність людей до усвідомленого світосприйняття. При такій багатогранності сучасних інтерактивних об'єктів виникає необхідність критичної оцінки візуальних елементів, які нас оточують, особливо у веб-просторі.

Адже при неодноразовому “скролінгу” веб-сторінки сайту ми підсвідомо знаходимося у пошуку потрібної інформації. Найчастіше привертають увагу та запам'ятовуються саме ті об'єкти, які представлені нестандартним, незвичним чином. Саме тому у конкурентному середовищі більшість компаній роблять велику ставку на використання візуальних ефектів як найефективнішого рекламного промоутера.

Тому метою роботи було дослідження методу “Неорганізованої швидкості прокрутки”, за яким при скролінгу веб-сторінки із хаотично розташованих часток (що вже є незвичним на веб-сторінці і привертає увагу) поступово з'являється певний надпис. При подальшому скролінгу надпис змінює свій колір, а залишки часток іншого кольору не заважають візуальному сприйняттю інформації (ефект піксельності - рис.1). Тематичним наповненням може бути не тільки текст, а й інші графічні об'єкти. Проте чим складніший об'єкт за своєю будовою та кольоровим рішенням, тим важче організувати правильну роботу системи часток при скролінгу.

У веб-просторі такий метод організований за допомогою мови гіпертекстової розмітки HTML, таблиць каскадних стилів CSS, мови програмування JavaScript та бібліотекою jQuery. Його універсальність полягає в тому, що він може бути створений різними способами: у 2D або 3D програмах, заанімований та представлений у форматі GIF або відео файлу.

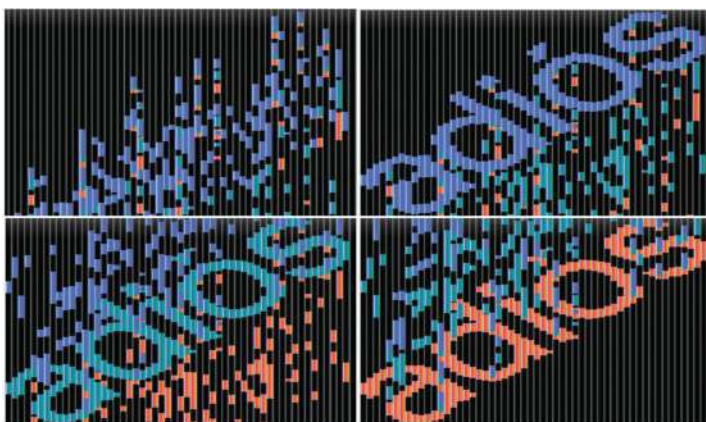


Рисунок 1

ДОСЛІДЖЕННЯ ТА РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ ЛИСТОВОГО ШТАМПУВАННЯ ДЕТАЛІ ТИПУ «НАКЛАДКА»

Окунь А.О., Телуха Б.М., Курилко Є.І.

Національний технічний університет

«Харківський політехнічний інститут», м. Харків

У даній роботі було досліджено технології листового штампування деталі типу «накладка», проведено аналіз згинання, визначено силові параметри процесу згинання деталі типу «накладка». Визначено найбільш вдалу схему згинання накладки, яка забезпечує зниження навантаження, підвищення якості деталей та стійкості інструменту.

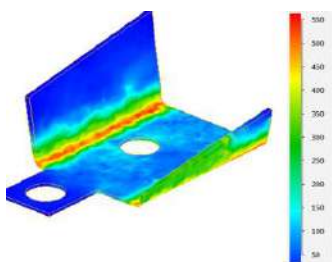


Рисунок 1 – Перше згинання

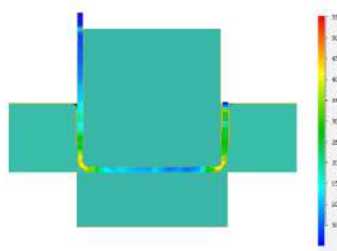


Рисунок 2 – Друге згинання

У першому експерименті утворюється накладка з радіусами заокруглення на матриці 12 мм із додаванням на сторони по 1 мм (рис. 1). Це відбувається шляхом заглиблення пуансона в заготовку. Центральна частина продавлюється пуансоном і притиском униз, таким чином утворюється накладка. Максимальна деформація відбувається у місцях згинання стінок (рис. 1). Через те, що радіус досить великий, відбулося не лише стоншення стінок, але й утворилася стінка неправильної форми. Для усунення цих недоліків необхідно зменшити радіус заокруглень, що дозволить знизити можливість отримання браку деталі, у якої виникає недозгинання (рис. 2).

З огляду на результати експерименту, можна зробити висновок, що розроблений технологічний процес дозволяє виконати задану деталь за 1 перехід так, щоб розміри та якість отриманої «накладки» задовольняли необхідним вимогам.

Промодельовані процеси листового згинання у програмному комплексі QForm VX дали поштовх для подальшого аналізу процесу.

Розроблено технологію листового штампування деталі типу «накладка» та проведено її дослідження за допомогою комп'ютерного моделювання у програмному комплексі QForm VX. Показано переваги розробленого технологічного процесу при листовому штампуванні, при цьому досліджені формозміна та силові режими. Окрім цього описані результати експериментального дослідження, та проведена верифікація з результатами моделювання.

ОСОБЛИВОСТІ І ТЕХНОЛОГІЯ ЗВАРЮВАННЯ АЛЮМІНІЄВИХ СПЛАВІВ НАПІВАВТОМАТОМ

Пипенко Р.Ю., Маршуба В.П.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

Як відомо алюміній і його сплави без перебільшення є одним з найбільш часто використовуваних людиною металів і сплавів. Але, проводити над ним зварювальні роботи через особливих хімічних властивостей і жидкотекучести набагато складніше, ніж зі звичайною сталлю.

Зварювання алюмінію і його сплавів полуавтоматом (MIG / MAG-зварювання) проводиться зварювальним дротом для алюмінію і сплавів в середовищі інертного газу. При цьому для захисту алюмінію від окислення використовується інертний газ, найчастіше аргон або суміш газів, аргон з гелієм. Подача присадочного дроту відбувається автоматично, а переміщення пальника зварювальник здійснює вручну. Зварювання алюмінію полуавтоматом без газу не рекомендується до застосування і зустрічається набагато рідше, так як в цьому випадку: значно підвищується пористість шва і зменшується його міцність; застиглий шлак погано відділяється; присутня сильна розбризкування металу.

Єдиною серйозною причиною, завдяки якій такий спосіб зварювання все ж використовується, є його очевидна дешевизна.

На відміну від стали алюміній має набагато більшу теплопровідність, тому при роботі з ним швидкість подачі дроту збільшується, а поверхню масивних виробів, що зварюються необхідно додатково прогрівати. Найчастіше зварювання алюмінію полуавтоматом використовують для зварювальних робіт в промислових масштабах, в тому числі в авіаційній та суднобудівній промисловості.

Особливості та переваги зварювання алюмінію полуавтоматом

У зварювання алюмінію полуавтоматом є безсумнівні переваги, а також деякі особливості. До них відносяться:

1. Висока продуктивність. У порівнянні з аргонодуговим зварюванням швидкість зростає в три рази.

2. Простота. Цей метод значно простіше, ніж аргонодугової, їм легко може опанувати навіть любитель. Тому зварювання алюмінію полуавтоматом своїми руками видається цілком буденною справою.

3. Важливість наявності імпульсного режиму в напівавтоматі. Так як в цьому випадку ефективність виконання зварювальних робіт і якість шва на виході значно зростають.

4. Необхідність використання високоякісної зварювального дроту. В іншому випадку стабільність і ефективність процесу зварювання може серйозно постраждати.

5. Для алюмінію найчастіше виставляють подачу дроту на 15...20 % вище, ніж для тієї ж товщини чорного металу (стали) і приблизно на 30 відсотків більше напруги.

ВПЛИВ ПОДАЧІ ВИСОКОВОЛЬТНОГО ПОТЕНЦІАЛУ В ІМПУЛЬСНІЙ ФОРМІ НА СТРУКТУРУ ТА ВЛАСТИВОСТІ ВАКУУМНО-ДУГОВИХ ПОКРИТТІВ TiN

Пінчук Н.В., Соболь О.В.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

Процес вакуумно-дугового осадження широко використовується для реактивного осадження зносостійких нітридних покриттів на поверхню інструментів і деталей машин. Останнім часом використовують підхід, що поєднує процеси осадження та імплантації, тобто осадження відбувається в умовах інтенсивного іонного бомбардування, при одночасній подачі на підкладку високовольтного імпульсного потенціалу зсуву.

Як відомо, при зміні умов вакуумно-дугового осадження можна в широких діапазонах змінювати властивості покриттів, що осаджуються. В даній роботі досліджувалися покриття TiN, які були осаджені при близькому до нульового («плаваючому») постійному потенціалі U_c при одночасному впливі високовольтного потенціалу в імпульсній формі (U_i).

Покриття отримані вакуумно-дуговим методом при використанні модернізованої установки «Булат-6», яка додатково забезпечена генератором високовольтних імпульсів. Тиск азотної атмосфери (pN) в камері при осадженні був 0,26 і 0,66 Па. При осадженні TiN покриттів на підкладку подавався «плаваючий» негативний потенціал зсуву величиною $U_c = (-5 \dots -8) \text{ В}$, а також імпульсний високовольтний потенціал $U_i = -(850, 1200 \text{ і } 2000) \text{ В}$ (з частотою 7 кГц і тривалістю впливу 4 і 16 мкс).

Показано, що при найменшому тиску ($pN = 0,26 \text{ Па}$) формуються практично нетекстуровані покриття, а подача імпульсного потенціалу приводить до зростання інтенсивності піків (200) і (220). При $pN = 0,66 \text{ Па}$ і максимальній тривалості імпульсного впливу ($\tau = 16 \text{ мкс}$) спостерігається збільшення переважного росту кристалітів з віссю [110].

Розрахунок субструктурних характеристик покриттів показав, що зі збільшенням U_i при найменшій тривалості впливу (4 мкс) відбувається незначне зростання розміру кристалітів від 31 нм до 42 нм. При збільшенні тиску до $pN = 0,66 \text{ Па}$ розмір кристалітів зі збільшенням U_i змінюється від 9,8 нм до 11,3 нм, а при максимальному $U_i = -2000 \text{ В}$ розмір кристалітів перевищує 300 нм. Мікродеформації при цьому теж збільшується від 0,45% до 1,34% ($\tau = 4 \text{ мкс}$) і від 0,08% до 1,52% ($\tau = 16 \text{ мкс}$).

Твердість при $pN = 0,26 \text{ Па}$ досягає максимального значення 40 ГПа з тривалістю впливу 4 мкс і $U_i = -850 \text{ В}$. Це можна пов'язати з формування бітекстурного стану з осями [100] і [110]. Зниження твердості до 30-32 ГПа при великих U_i можна пояснити релаксаційними процесами: зменшенням мікродеформації і одночасним зростанням розміру кристалітів. Аналогічна залежність спостерігається для максимальної тривалості впливу (16 мкс) для обох тисків азотної атмосфери.

ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ ВАКУУМНО-ДУГОВИХ ПОКРИТТІВ TiN, ОТРИМАНИХ ПРИ ДІЇ ПОСТІЙНОГО ПОТЕНЦІАЛУ ЗСУВУ

Пінчук Н.В., Соболев О.В., Звягольський О.В.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

Вакуумно-дуговий метод отримання покриттів різного призначення в останні кілька десятиліть набув широкого поширення. Покриття на основі нітридів титану мають високі фізико-механічними характеристиками і процеси їх осадження постійно удосконалюються.

Дана робота присвячена встановленню впливу постійного негативного потенціалу зміщення, що подається на підкладку в процесі осадження, на структуру, субструктуру і механічні характеристики покриттів TiN, які знайшли найбільше використання в машинобудуванні.

Як відомо, при зміні умов вакуумно-дугового осадження можна в широких діапазонах змінювати властивості покриттів, що осаджуються. Покриття були отримані в вакуумно-дуговій установці «Булат - 6». Тиск азотної атмосфери (pN) в камері при осадженні становив 0,26 і 0,66 Па. При осадженні TiN покриттів на підкладку подавався негативний «плаваючий» потенціал $U_c = (-5 \dots -8)$ В або потенціал зсуву величиною -200 В.

За результатами рентгеноструктурного аналізу встановлено, що в разі меншого тиску робочої атмосфери 0,26 Па та «плаваючого» потенціалу формуються практично нетекстуровані покриття. При pN = 0,66 Па і «плаваючому» потенціалі відбувається формування покриттів TiN з явно вираженою віссю переважної орієнтації кристалітів [100]. У разі дії великого $U_c = -200$ В відбувається формування переважної орієнтації з віссю текстури [111].

Аналіз субструктурних характеристик для покриттів TiN, отриманих при найменшому тиску азотної атмосфери 0,26 Па показав, що розмір зерен-кристалітів склав 31 нм, а значення мікродеформацій дорівнює 0,28%. Зі збільшенням тиску до pN = 0,66 Па розмір ОКР перевищив 300 нм, а мікродеформацій склала 0,39%. Подача великого постійного потенціалу -200 В (pN = 0,66 Па) призводить зниження L до 91 нм і помітного зростання $\langle \epsilon \rangle$ до 0,7%. Показано, що найбільша твердість (33 ГПа) властива покриттям отриманих при $U_c = (-5 \dots -8)$ В, це знаходиться у відповідності з нанометровим розміром кристалітів.

ВПЛИВ СТАНУ ЗТВ НА ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ВЛАСТИВОСТІ ЗВАРНИХ З'ЄДНАНЬ І НАПЛАВОК ІЗ НЕРЖАВКИХ СТАЛЕЙ

Погрібний М.А., Реброва О.М., Федоренко Г.А.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

Утворювання під час зварювання чи наплавлення високохромистих сталей зони термічного впливу (ЗТВ), різні ділянки якої мають діаметрально протилежні за характером і складом структури обумовлює різке погіршення властивостей металу в зоні сплавлення. В зв'язку з цим є актуальною оцінка впливу стану ЗТВ на механічні властивості та роботоздатність зварних з'єднань і наплавок із даних сталей в цілому.

В результаті проведених досліджень встановлено, що наплавлення та зварювання 12-відсоткових хромистих сталей (наприклад, 15X11МФ, 20X13, 30X13) негативно впливають на комплекс найбільш важливих властивостей матеріалу наплавки (зварних з'єднань), які в процесі експлуатації зазнають складний характер навантажень. При цьому локалізація руйнування і ступінь зміни властивостей буде залежати від схеми навантаження, а саме, від напрямку дії зовнішніх зусиль по відношенню до розташування ЗТВ в зварному з'єднанні чи наплавці.

Якщо вектор зовнішніх зусиль спрямований впродовж зони сплавлення (і, відповідно, впродовж ЗТВ), то різко знижуються характеристики пластичності та опір крихкому руйнуванню наплавки і зварних з'єднань, а також їх втомна міцність; в такому випадку руйнування виникає і розповсюджується, як правило, в біляшовній ділянці ЗТВ. В разі спрямування зовнішнього навантаження поперек границі сплавлення відчутно зменшуються пластичність і статична міцність наплавки і зварних з'єднань; в даному випадку найбільш слабким місцем виявляється ділянка знеміцнення в ЗТВ, в якій і локалізується руйнування.

Виконані дослідження дозволяють визначити, що відповідальність за властивості та, відповідно, працездатність наплавки і зварних з'єднань із вискохромистих сталей, як правило, лягає на стан (структуру, властивості, розмір) різних ділянок ЗТВ, де в процесі експлуатації залежно від характеру зовнішніх зусиль і буде виникати передчасне руйнування. З точки зору впливу на основні експлуатаційні характеристики виробів після наплавки (зварювання) найбільшу небезпеку представляє багатопрохідне наплавлення (багатопрхідне зварювання), які завжди будуть обумовлювати погіршення властивостей і збільшення розмірів ЗТВ в 12-відсоткових хромистих сталях, що, в свою чергу, невідворотно призводить до зниження всього комплексу властивостей відновлених напавкою виробів чи зварних з'єднань.

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ТЕХНОЛОГІЇ НАПЛАВЛЕННЯ НА ПАРАМЕТРИ ЗТВ В ХРОМИСТИХ СТАЛЯХ

Погрібний М.А., Реброва А.О., Федоренко Г.А.,

Москаленко Г.Р., Котлюба Т.Є.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків.*

В процесі наплавки, наприклад, при відновленні зношених деталей машин, в зоні термічного впливу (ЗТВ) високохромистих сталей спостерігаються суттєві зміни структурного стану металу, які, як правило, призводять до значного погіршення працездатності наплавлених виробів. Оскільки на термічний цикл наплавки в першу чергу впливає технологія наплавлення в даній роботі досліджувався ефект від спільної дії на структуру та властивості ЗТВ головних технологічних чинників процесу наплавлення: кількості наплавлених шарів, розмірів виробу та температури його попереднього підігрівання.

Дослідженнями встановлено, що багатошарова наплавка не тільки збільшує розміри ЗТВ в сталі 15X11МФ, але і суттєво знижує твердість ділянки знеміцнення. Так збільшення кількості шарів від 1 до 5 збільшує ширину ЗТВ в 2,5 рази після наплавки без попереднього підігрівання і близько 1,5 рази в процесі наплавлення з підігріванням; після п'ятишарового наплавлення значно зростає ступінь знеміцнювання в ЗТВ (в 2–2,5 разів) залежно від використання попереднього підігрівання. Зі збільшенням розмірів виробів рівень знеміцнювання в ЗТВ сталі 15X11МФ практично не змінюється; в той же час ділянка знеміцнення звужується, а відстань від неї до межі сплавлення скорочується, за рахунок чого розміри ЗТВ в цілому зменшуються.

Природа такого впливу наплавки на параметри ЗТВ полягає в тому, що межа фазових і структурних перетворювань в ЗТВ та ступінь і характер їх розвитку визначаються особливостями розподілення теплових полів в поверхневому шарі об'єкту, що наплавляється, які, в свою чергу, залежать від технологічних чинників процесу наплавлення. Так в умовах багатошарового наплавлення, коли йде накладення температурних полів від кожного наступного проходу інтенсифікується теплонасичення сталі, в результаті чого межа фазових і структурних змін в основному металі, яка визначає розміри ЗТВ в цілому і кожної її ділянки зокрема зміщується в більш глибокі об'єми металу виробу, що наплавляється. В той же час зростає інтенсивність знеміцнювання в ЗТВ, що є наслідком дії двох причин: збільшенням часу нагрівання при температурах високого відпускання і зміною градієнта максимальних температур. Вказані явища сприяють додатковому розвитку процесів коагуляції та зростанню карбідів на ділянці знеміцнення і, як наслідок, подальшому зменшенню її твердості.

НОВІ РОДОВИЩА ПІСКІВ ДЛЯ ЛИВАРНОГО ВИРОБНИЦТВА

Пономаренко О.І., Шейка А.О., Євтушенко С.Д.

Національний технічний університет

«Харківський політехнічний інститут», м. Харків

У складі піщаних формувальних сумішей, як правило, використовуються кварцові формувальні піски. Піски в ливарні цехи поставляються відповідно до ГОСТ2138-91. Формувальні піски - основний компонент формувальних і стрижневих сумішей: в формувальних сумішах вони складають до 95% всієї маси суміші, а в стрижневих - 95 - 97%. В даний час найбільш широко застосовуються кварцові формувальні піски: більше 90% всіх пісків, споживаних ливарним виробництвом.

На території України є 32 родовища пісків з сумарним запасом понад 200 млн. тонн. До них відносяться відомі піски Старовірівські, Вишневіські та Гусарівські (Харківська обл.), Оріхівські (Запорізька обл.), Часів-Яровські, Дружківські і Банбішевські (Донецька обл.), Малишевські і Верхньодніпровські (Дніпропетровська обл.) та ін. До найбільш високоякісних пісків, кращими в Європі, відносяться кварцові піски Новоселівського і Старовірівського родовищ в Харківській області. Шарівське родовище знаходиться в Харківській області та займає площу приблизно 14 гектарів, а обсяг пісків складає 1 млн.м³.

Метою дослідження є визначення можливості застосування пісків Шарівського родовища для форм і стрижнів у ливарному виробництві.

Для цього були вирішені наступні завдання: визначено гранулометричний склад піску для різних горизонтів залягання Шарівського кар'єра ситовим аналізом; визначена масова частка глинистої складової, масова частка діоксиду кремнію, оксиду заліза, кальцію, магнію та ін .; встановлені межі міцності піску при стисненні у вологому стані і його газопроникність, а також концентрація водневих іонів водної витяжки і форма зерен.

За результатами дослідження встановлено, що на Шарівському родовищі піски можна умовно розділити на два групи. Перша група (умовно названих білими пісками) мають високий вміст діоксиду кремнію (більше 98%) і можуть бути віднесені до категорії кварцових пісків. Друга група (умовно названих жовтими пісками) може бути віднесена до категорії тощих пісків.

Показано, що піски Шарівського родовища можна ефективно використовувати в якості вогнетривкого наповнювача сирих піщано-глинистих сумішей без попередньої обробки і очищення. Найбільшу чистоту мають білі піски, які характеризуються мінімальним вмістом глини, що дозволяє їх використання в сумішах із смоляною і рідко-скляною сполучною, за умови видалення дрібних фракцій піску (менше 0,16 мм).

Формувальні піски можуть бути використані для середніх і дрібних виливків зі сталі, чавуну і кольорових металів.

КОРОЗІЙНА СТІЙКІСТЬ ВАКУУМНО-ДУГОВИХ CrN/Cu ПОКРИТТІВ

Постельник Г.О.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

Сталі аустенітного класу широко використовуються для виготовлення технічного і медичного інструменту, імплантатів, гвинтів різного призначення тощо. Однак даний клас сталей має низьку зносостійкість і не високу корозійну стійкість. Основною причиною корозії і втомного зносу є наявність в технологічному, і в біосередовищі, хлорид-іонів. Одним з ефективних способів подовження терміну служби таких матеріалів є нанесення захисних покриттів. Використання вакуумно-дугового методу дозволяє отримувати матеріали, які можуть працювати в умовах дії високих температур, тисків, а також при дії агресивних середовищ. Нітриди мають відносно високу зносостійкість, яка значно перевищує зносостійкість сталей, а нітриди перехідних металів зазвичай є більш стійкими в агресивному середовищі. Нітрид хрому використовується в якості захисного покриття при підвищених температурах, проте його недоліком є відносно велика крихкість. Для підвищення пластичних властивостей покриттів з нітриду хрому можна використовувати багатоперіодні композити з пластичними шарами з металів перехідної групи.

Покриття наносили вакуумно-дуговим методом на установці «Булат-6» за різними технологічними параметрами осадження: тиск робочого газу $4 \cdot 10^{-3} \dots 5 \cdot 10^{-4}$ Торр; потенціал зсуву -65 або -200 В. Осадження проводили з двох джерел (Cr і Cu) в режимах з постійною швидкістю обертання (швидкість обертання 8 об/хв) і в дискретному режимі (із зупинкою на 20 секунд біля кожного з плазмових джерел). Фазово-структурний стан зразків досліджували методом рентгенівської дифрактометрії на установці «ДРОН-4» (Cu-K α випромінювання). Електрохімічні випробування проводили з використанням 3х електродної комірки і потенціостату Biologic SP-150. Корозійну стійкість оцінювали шляхом вимірювання потенціалу розімкнутого ланцюга протягом 1,5 години в розчині 0,9% NaCl при кімнатній температурі.

Встановлено, що в шарах утворюються фази з ГЦК кристалічної решіткою - Cu і CrN. Випробування на корозійну стійкість показали, що з точки зору захисного механізму покриття є анодними. Визначено технологічні параметри формування покриттів з високою стійкістю до корозії: не високий тиск азоту ($5 \cdot 10^{-4}$ Торр), високий потенціал зсуву (-200 В) та режим осадження, який призводить до найменшої товщини шарів (близько 8 нм). При таких параметрах формується структура без вираженої переважної орієнтації, а великий потенціал зсуву -200 В дозволяє проходити процесу перемішування на міжшаровій границі і призводить до формування напруг стиску. При використанні меншого потенціалу зсуву в процесі осадження корозійна стійкість покриттів істотно знижується, а швидкість корозії збільшується більш ніж в 4 рази. Оцінка показала, що при товщині покриття близько 10 мкм, ресурс його роботи в середовищі утворення хлорид-іонів складає близько року.

БАГАТОПЕРІОДНІ NbN/Cu ВАКУУМНО-ДУГОВІ ПОКРИТТЯ

Постельник Г.О., Соболев О.В.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

Вакуумно-дугове осадження функціональних покриттів набуло широкого поширення в багатьох галузях машинобудування. Традиційним підходом при створенні таких матеріалів є вибір одного основного елементу з додаванням другого «не змішаного» металу.

Вибір нітриду ніобію для дослідження обумовлений широким спектром позитивних властивостей цього матеріалу, включаючи високу твердість, електропровідність, термостійкість і хімічну інертність. Покриття нітриду ніобію використовуються в якості матеріалу катоду для автоелектронної емісії в вакуумі в мікроелектронних пристроях, надпровідних детекторах тощо.

Осадження покриттів проводилося на модернізованій установці «Булат-6» з двох джерел (Nb і Cu) при різних технологічних умовах протягом 1,5 годин. Покриття наносилися на металеві підкладки розміром 20x20x2 мм в режимах постійного і дискретного обертання підкладкотримача. Дослідження елементного аналізу проводили за допомогою енергодисперсійного аналізу; фазово-структурний стан - за допомогою методик рентгенівської дифрактометрії. Морфологія поверхні вивчалася за допомогою скануючого електронного мікроскопа. Вимірювання твердості проводилося на мікротвердомірі при навантаженні 200 мН. Адгезійна міцність досліджувалася скретч-тестуванням при контактному навантаженні 0,9 Н і швидкості навантаження - 5 Н/с.

Енергодисперсійний аналіз показав, що в режимі постійного обертання підвищення тиску азотної атмосфери від $7 \cdot 10^{-4}$ до $3 \cdot 10^{-4}$ Торр не призводить до істотної зміни складу, на відміну від підвищення потенціалу зсуву (в дискретному режимі) від -50 В до -200 В, коли кількість міді зменшується в 2 рази.

Фазово-структурний аналіз показав, що при найменшому тиску $7 \cdot 10^{-4}$ Торр в режимі постійного обертання (коли товщина шару близько 8 нм) формується метастабільна фаза δ -NbN (JCPDS 38-1155) і Cu (JCPDS 89-2838) з ГЦК решіткою. Підвищення тиску до $3 \cdot 10^{-4}$ Торр (в дискретному режимі) призводить до формування стабільної ϵ -NbN (JCPDS 89-4757) фази з гексагональної кристалічною решіткою.

Вимірювання твердості показали, що підвищення потенціалу зсуву до -200 В призводить до підвищення твердості з 14 до 20,5 ГПа (при товщині шару близько 8 нм), збільшення товщини до 20 нм також збільшує твердість від 19 до 28,2 ГПа відповідно. Подальше підвищення товщини призводить до падіння твердості.

Результати адгезійної міцності показали, що критичне значення навантаження при руйнуванні має найбільше значення 121,03 Н в покриттях з найбільшою твердістю, отриманих при $U_b = -200$ В.

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ НА ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ПОКАЗНИКИ КУЛЬ ДЛЯ КУЛЬОВИХ МЛИНІВ

Протасенко Т.О., Федоренко Г.А., Восковський В.І.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

Метою роботи було визначення службових характеристик молотьних тіл, виготовлених різними виробниками.

Для дослідження були взяті зразки молотьних куль зі сталі й чавуну, виготовлені різними виробниками: фірми Christian Pfeiffer (Німеччина); «Маготто» (Бельгія); VEGA INDUSTRIES Ltd. (Індія); Гур'євського машинобудівного заводу (Росія). Зразки поставлялися у вихідному стані у вигляді куль різного діаметра.

У процесі роботи проведені дослідження розподілення твердості по перетину куль, макроскопічний і мікроскопічний аналіз структури, проведені розрахунки характеристичних параметрів.

На основі отриманих даних встановлено, що чавунні кулі мають більш високі експлуатаційні характеристики порівняно зі сталевими. Висока твердість по всьому перетину дозволяє спрогнозувати рівномірне зношування чавунних куль, тобто можливість ефективно експлуатувати їх більш тривалий час, чим сталевих:

1 Висока твердість по всьому перетину куль закордонного виробництва Christian Pfeiffer (Німеччина); «Маготто» (Бельгія); VEGA INDUSTRIES Ltd. (Індія), виготовлених з білого високохромистого чавуну, дозволяє спрогнозувати їх найкращі експлуатаційні показники порівняно зі молотьними сталевими кулями.

2 Кулі, виготовлені на ГМЗ із високовуглецевої конструкційної сталі, мають немонотонне розподілення твердості по перетину. Це визначає низьке значення загальної твердості, яка відповідає 3- й групі стандарту.

3 Для підвищення об'ємної твердості сталевих молотьних тіл діаметром 60–100 мм необхідно використовувати сталі, леговані елементами, які підвищують прогартовність, а також оптимізувати режими термічного оброблення з метою виключення можливості появи «плямистої» твердості.

4 Високий комплекс властивостей, наявність однорідної міцної структури високолегованого чавуну дозволяє спрогнозувати при промисловому використанні молотьних тіл закордонного виробництва Christian Pfeiffer (Німеччина); «Маготто» (Бельгія); VEGA INDUSTRIES Ltd. (Індія) їх стабільно високі експлуатаційні показники, які виражаються в збереженні первісної геометричної форми, рівномірному зношуванні без відколу й низькій питомій витраті.

Результати досліджень можуть бути використані на виробництві та у науково-дослідних роботах.

СТРУКТУРА ВАКУУМНИХ КОНДЕНСАТІВ Cu З НИЗЬКИМ ВМІСТОМ Mo

Рябоштан В.А., Кучерський В.Ю., Кашуба І.В., Жадько М.О., Зубков А.І.
*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

Особливістю бінарної системи Cu-Mo є відсутність взаємної розчинності у рівноважних умовах [1]. Попередні дослідження цієї системи показали, що незначні домішки Mo значно підвищують термостабільність отриманих нано-структур.[2]

У зв'язку з цим, наступна робота присвячена вивченню структури вакуумних конденсатів міді та Cu-Mo. Для досліджень обрали плівки, що були отримані методами вакуумної конденсації з парової фази, з низьким вмістом Mo (0,22 – 1,75 ат. %).

Дослідження показали, що у Mo є схильність до взаємодії з границями структурних елементів матриці. При низькій концентрації Mo повністю залишається в цих границях. Про це свідчить наявність сорбційного контрасту між границею та зерном. (рис. 1.а)

Середній розмір зерна чистої міді дорівнює приблизно 2,7 мкм. Вміст 0,22 ат. % Mo призводить до зниження розміру зерна до 260 нм. Подальше зростання концентрації Mo до 1,75 ат. % призводить до незначних змін у розмірі зерна (рис. 1.в), а також до появи часток другого компонента в об'ємі матричного металу (рис. 1.б). Величина цих часток від 25 до 60 нм.

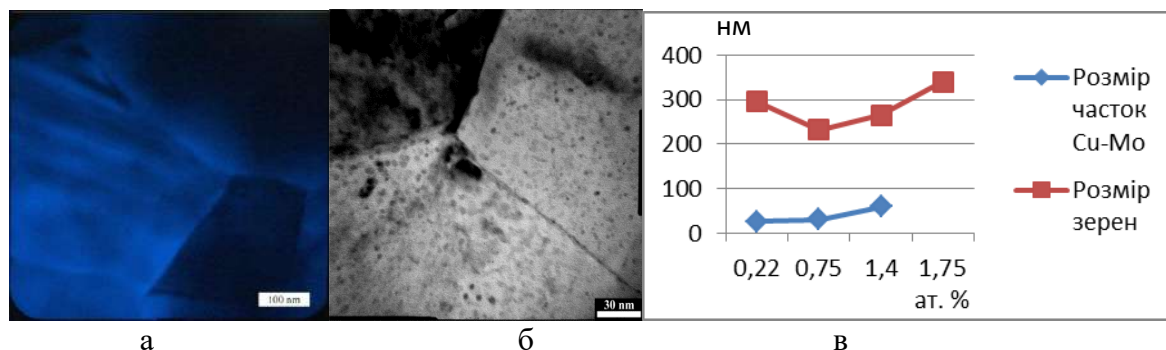


Рисунок 1 – Зображення, зняті в мікроскопічному режимі ПЕМ-100 «світле поле»: а – вміст Mo 0,22 ат. %; б – 1,75 ат. %; в – Графік змін середнього розміру зерна та часток у нм.

Отже виявлено, що атоми Молибдену проявляють схильність до взаємодії з границями зерен матричного металу міді, а також здійснюють модифікуючий вплив, подібний до впливу модифікаторів другого роду – значно знижує розмір зерен.

РОЗРОБКА ЕЛЕМЕНТІВ ФІРМОВОГО СТИЛЮ ДЛЯ МОВНОЇ СТУДІЇ «IMPROVE»

Сидоренко О.О., Глібко О.А.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

Школа англійської мови «Improve» одна з кращих у місті Виноградів. Курси орієнтовані на розвиток креативності, мовних знань, світогляду учня та логіки. Основна вимога – відвідувати заняття регулярно. «Є дисципліна – є результат», – каже директор школи. Весь комплекс прийомів допомагає створити англomовне середовище, в якому повинні «функціонувати» учні.

На основі аналізу дизайну фірмового стилю (ФС) закладів-конкурентів в місті Виноградів було розроблено альтернативний більш сучасний варіант. При виконанні проекту було розроблено 3 варіанти логотипу, серед яких замовник обрав один. Також було розроблено візитну картку, брошуру, білборд, сітілайт, навчальні картки, значок, наліпку та блокнот в програмах Adobe Illustrator і Corel Draw.

Основою символіки обрано Тауерський міст – найвідоміший розвідний міст через Темзу в Лондоні. Червоний колір робить елементи ФС більш привабливими. Ще Наполеон Бонапарт, який так і не зміг захопити Англію, з досадою відзначав: «Червоний – колір Англії. Він тут всюди...».

Головна мета роботи – передати атмосферу мовної студії «Improve» через елементи ФС. Фрагменти розробки наведені на рис.1.



Логотип



Візитна картка

Рисунок 1.

В результаті роботи було створено комплект рекламно-іміджевої продукції із оригінальними графічними елементами фірмової символіки. Були враховані побажання замовника, а саме: використання сучасних шрифтів та яскравих кольорів, що дало змогу підвищити попит учнів та їх батьків на послуги мовної студії «Improve».

РІШЕННЯ ЗАДАЧ ВІДНОВЛЕННЯ ФУНКЦІЙ ЗА ДОПОМОГОЮ ГЕОМЕТРИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ

Сівак Є.М., Змієнко А.О., Кирилюк С.О.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

Задачі відновлення функцій, які виникають в різноманітних галузях: метеорології, топографії, при оцінці продуктивності нафти та газу, в екологічних дослідженнях, при інтерпретації різноманітних геофізичних експериментальних даних і т. п. є однією із складових теорії наближення функцій.

Розв'язуються задачі відновлення найчастіше за допомогою інтерполяційних методів. Але, для функцій багатьох змінних ці задачі більш складні, ніж для однієї змінної, що пояснюється рядом принципових труднощів. По-перше, задача не може бути розв'язана при довільній кількості вузлів інтерполірування. По-друге, ці вузли не можуть бути розташованими довільно в області, яка досліджується. Крім цього, принципові труднощі, звісно, виникають при оцінці залишкових членів.

З появою та розвитком методу кінцевих елементів отримали поширення конструктивні підходи до побудови інтерполяційних поліномів. Насамперед – це апроксимації шматково-поліноміальними функціями. При цьому залежно від змісту задачі та бажаної простоти алгоритму застосовуються шматково-поліноміальні апроксимації з різноманітними вимогами гладкості в місцях стиковки поліномів. Проте, для побудови інтерполяційних поліномів застосовується алгебраїчний підхід, який пов'язаний з побудовою та рішенням великих систем лінійних алгебраїчних рівнянь.

Можливість поширювання геометричного моделювання на кінцеві елементи у формі правильного шестикутника, а також на призми з шестикутним перерізом – різноманітно, сучасно вивчається. Саме такі питання виникають у розрахунках, наприклад, ядерних реакторів.

За допомогою геометричного моделювання, використання комп'ютерної графіки для візуалізації базисних функцій та дослідження інтерполяційних якостей та обчислюваних властивостей дискретних моделей безліч проблем може бути розв'язано.

АВТОМАТИЗАЦИЯ РАЗРАБОТКИ РАЗМЕТКИ UI С ПРИМЕНЕНИЕМ КОМПЬЮТЕРНОГО ЗРЕНИЯ

Слипченко В.Ю., Матюшенко Н.В.

*Национальный технический университет
«Харьковский политехнический институт», г. Харьков*

По мере того, как ремесло веб-дизайна продолжает развиваться, мы все больше ощущаем нужду в продуманной, конструктивной, системной разработке, продукт которой должен иметь возможность переиспользования и обладать гибкостью в интеграции.

Многое было сказано насчет создания систем дизайна, и наибольший акцент делается, в основном, на установление цветов, типографии, сеток, текстур и т.п. Такой тип мышления, несомненно, важен, однако данные аспекты дизайна, по большому счету, они всегда субъективны. В последнее время разработчикам не давал покоя вопрос о том, из чего состоят наши интерфейсы, и как мы можем проектировать их более осмысленно и систематично.

В поисках вдохновения можно обратиться к химии. Все вещества (будь то твердые тела, жидкости, газы, простые, сложные и т.д) состоят из атомов. Атомы связываются между собой и образуют молекулы, которые, в свою очередь, комбинируются и формируют организмы.

Аналогично интерфейсы состоят из меньших компонентов. Это означает, что мы можем разбить интерфейсы на логические, фундаментальные блоки и комбинировать их, постепенно наращивая сложность. Это суть атомного веб дизайна.

Благодаря такому элементарному подходу, мы имеем возможность автоматизировать создание разметки UI, что значительно упростит жизнь как разработчику, так и пользователю.

Инструментом для достижения данной цели послужит Python с технологией компьютерного зрения. Суть данной технологии заключается в анализе графического файла, разбиении на логические элементы и генерацию разметки.

ДОСЛІДЖЕННЯ ФАЗОВОГО СКЛАДУ ТА ВЛАСТИВОСТЕЙ МДО-ПОКРИТТІВ НА АЛЮМІНІЇ ЛЕГОВАНОГО ЦИНКОМ

Субботіна В.В., Білозеров В.В., Любченко А.В.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

Можливість одночасного отримання високих значень зносостійкості, корозійної стійкості, адгезії та інших експлуатаційних характеристик при створенні нових функціональних покриттів визначає актуальність вирішення задач, пов'язаних з вивченням закономірностей формування МДО-покриттів із заданими властивостями на алюмінієвих сплавах.

Метою даної роботи є дослідження фазового складу та властивостей МДО-покриттів на алюмінії легованому цинком від 1-10% вес.

В роботі встановлено, що покриття, сформовані в лужно-сілікатному електроліті складаються з оксидів алюмінію $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$, $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ і муліту ($3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$). Забезпечення високої твердості і зносостійкості МДО-покриттів на алюмінієвих сплавах пов'язане з необхідністю забезпечення високого вмісту фази $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ (корунд). Фазовий склад покриттів досліджуваних сплавів відрізняється як якісно так і кількісно. Процентний вміст зазначених фаз відрізняється для різних зразків. Виявлено немонотонність залежності фазового складу від ступеня легування алюмінію. Істотне збільшення твердості забезпечується максимальним вмістом фази $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ при вмісті Zn приблизно 2% вес. Збільшення вмісту цинку сприяє зменшенню в покритті фази $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ та, в наслідок, не забезпечує високу твердість покриття. Аналіз отриманих результатів показує, що механізм формування фазового складу слід пов'язувати зі стабілізацією і дестабілізацією фази $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$. Результати роботи свідчать про те, що катіони Zn^{2+} - сприяють стабілізації при вмісті $\text{Zn} > 3\%$.

Результати цієї роботи свідчать, що легування алюмінію цинком спостерігається екстремальна залежність вмісту фази $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ від концентрації цинку. Максимальний вміст фази $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ відповідає 2% Zn. На даний момент важко пояснити отриману екстремальну залежність, потрібні додаткові дослідження.

В роботі використані оптична мікроскопія, рентгенівська дифрактометрія, вимірювання мікротвердості, товщини покриттів.

ЗІСТАВЛЕННЯ КОНЦЕНТРАЦІЙНИХ ЗАЛЕЖНОСТЕЙ МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ТА ПИТОМОГО ЕЛЕКТРИЧНОГО ОПОРУ У ШАРУВАТИХ КОМПОЗИТАХ Cu-Ta ПРИ КІМНАТНІЙ ТЕМПЕРАТУРІ

Терлецький О.С., Ящеріцин Є.В.

Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків

Шаруваті композити (ШКМ) Cu-Ta були отримані методом дифузійного зварювання через прошарок фольги нікелю з об'ємними долями (1; 2,8; 7; 11,1; 15,8 та 25 % Ta) при температурі – 1000 °С, тривалості – 1 година, тиску в

пристосуванні – близько 40 МПа і вакууму $\sim 1,3 \cdot 10^{-2}$ Па. Дослідження механічних властивостей та питомого електричного опору композитів проводили при кімнатній температурі. Спираючись на характер кривих, що наведені на рис.1, можна вказати на певну подібність кривих $\sigma_{0,05}$, $\sigma_{0,2}$ та σ_b . Так, починаючи з об'ємної долі 2,8 % Ta відзначається різке зростання цих характеристик, але з 7 % Ta – знову слабкий темп їх підвищення. На ділянці ж від 0 до 2,8 % Ta відзначено або невелике зниження та повільне зростання (криві $\sigma_{0,05}$), повільне (крива $\sigma_{0,2}$) та стрибкоподібне зростання (від 0 до 1 % Ta) та різке падіння (крива σ_b). На відміну від розглянутих вище кривих механічних властивостей,

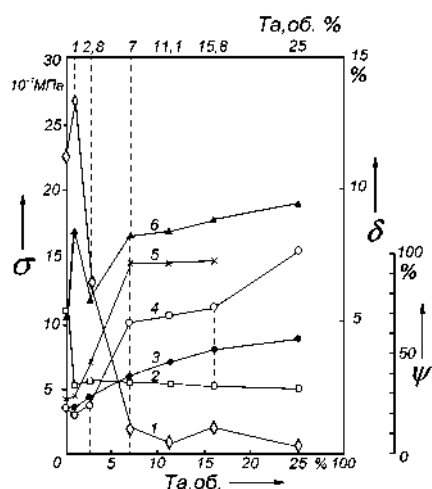


Рис.1.Залежність механічних властивостей ШКМ Cu-Ta від об'ємної долі Ta, випробуваних при 20 °C: 1 – δ ; 2 – ψ шарів міді; 3 – $\sigma_{0,05}$ розрах.; 4 – $\sigma_{0,05}$; 5 – $\sigma_{0,2}$; 6 – σ_b .

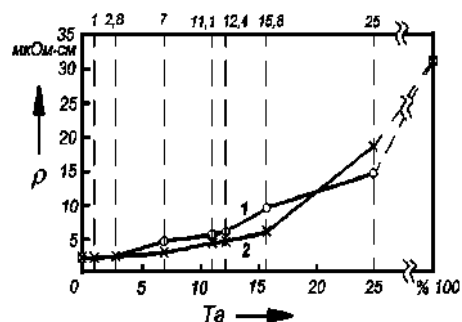


Рис. 2. Концентраційна залежність питомого електричного опору ШКМ Cu-Ta при 20 °C: 1 – експеримент; 2 – розрахункова оцінка.

експериментальна та розрахункова криві питомого електричного опору ρ (рис.2) характеризується близьким до лінійного зростанням. Проте і на них є подібні до виявлених на рис. 1 концентраційні інтервали об'ємної долі Ta зі зміною темпів підвищення ρ . У випадку механічних властивостей, основний механізм, що пояснює нелінійність графіків, є ковзання по несприятливо орієнтованим площинам у мідній матриці. Проте зростання питомого електричного опору пояснюється дифузійною зоною між Cu та Ni, яка досягає 15 мкм. При врахуванні цієї дифузійної зони із значенням $\rho = 25$ мкОм·см, відмінність розрахункової оцінки від експерименту не перевищує 20 % (рис. 2). З урахуванням того, що у ШКМ Cu-Ta з 1 та 2,8% Ta як значення ρ , так і $\sigma_{0,05}$, $\sigma_{0,2}$, σ_b є близькими до чистої міді, їх слід використовувати в якості електротехнічних матеріалів при кімнатних температурах та невеликих навантаженнях. Що до

ШКМ від 3 до 11% Ta, то ці композити із за високої стабільності структури придатні і для високих температур експлуатації та силових навантажень.

ОСОБЛИВОСТІ ЛАЗЕРНОГО ЗВАРЮВАННЯ ТОНКОСТІНИХ РІЗНОМАНІТНИХ КОНСТРУКЦІЙ ЗІ СТАЛІ

Тимченко А.О., Маршуба В.П.

Національний технічний університет

«Харківський політехнічний інститут», м. Харків

При зварюванні тонкостінних конструкцій зі сталі за допомогою лазерного зварювання необхідно провести якісну оцінку процесу зварювання для даного з'єднання. На етапі оцінки початкового стану поверхонь конструкцій необхідно визначити звариваємість сталей, що характеризує якість зварного шва. Узагальнено під звариваємістю розуміють можливість отримання на цій сталі зварного з'єднання з високими властивостями, які не поступаються властивостям основного металу, що зварюється і високої якості, тобто відсутність різного роду зварювальних дефектів (пор, тріщин, шлаковін і ін.).

Погіршення зварюваність сталі викликає утворення гарячих тріщин при зварюванні і холодних тріщин в зварних з'єднаннях, сильне зростання зерна в околешовній зоні, з утворенням в зоні теплового впливу мартенситу або бейніта повністю або частково з високою крихкістю, що значно перевищує крихкість зварюваної сталі. Брак разупрочнених ділянок в зоні теплового впливу. Виникнення в зоні нагріву ділянок, схильних до дисперсійного зміцнення, або відразу після зварювання, або з часом; виникнення високих залишкових напруг і деформацій.

Технологія лазерного зварювання довела своє відповідність жорстким вимогам промисловості в області якості і стабільності при виробництві тонкостінних конструкцій зі сталі, і постала у якості привабливої альтернативи для таких більш традиційних способів зварювання та інших процесів: таких як пайка, точкове контактне зварювання, газовольфрамове і електронно-променеве зварювання.

Одним із способів досягнення цих завдань і створення більш економічних способів отримання зварних з'єднань, є використання лазерного зварення при виробництві тонкостінних конструкцій зі сталі, що знижує собівартість виконання технологічної операції при досягненні високої якості з'єднання.

До застосування лазерного зварювання вважалося, що зварний шов у тонкостінних конструкціях непридатний для виконання швів, тобто занадто слабкий і легко руйнується з-за вібрацій. Його потрібно зміцнювати додатковими способами. Лазерне зварювання дозволяє значно зменшити загальну вагу конструкції, а головне отримати високоякісний міцний шов.

Для підбору оптимальних режимів лазерного зварювання конструкцій зі стінками малої товщини була розроблена різноманітна методика лазерного зварення, що відповідає сучасним вимогам виробництва. Ця методика направлена на поліпшення геометрії і міцність зварного з'єднання. Тобто ці параметри залежать від щільності та потужності лазерного випромінювання, часу тривалості імпульсу і діаметра сфокусованого променя на поверхні деталей, що зварюються та досягаються одночасним використанням двох та більше лазерів.

СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ В РОЗРОБЦІ ДИЗАЙНУ ВЕБ-САЙТІВ

Томків В.П., Федченко Г.В.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

На сьогоднішній день веб-дизайн є надзвичайно прогресивною галуззю, що стрімко розвивається. Дизайн сайту – це візуальне оформлення сайту, це комплекс картинок, фото, графіки, шрифтів. Від якості дизайну залежить і загалом успіх сайту, так як тренди в веб-дизайні постійно змінюються, удосконалюються та модернізуються, тому надзвичайно актуальним є редизайн сайтів. Загалом серед великої кількості трендових «родзинок» можна виділити декілька пунктів, що сьогодні є найбільш популярними.

Мінімалізм набуває популярності в усіх сферах, веб-дизайн не є виключенням. Яскраві багатоелементні фото замінюються на мінімалістичні зображення з елементами, що точно відображають ідею та концепцію, концентруючи увагу на головних елементах сайту. Але мінімалізм не заперечує використання яскравих кольорів. Надзвичайно популярною на сьогодні є техніка дуплекс. Дизайн в межах двох кольорів та їхніх відтінків виглядає стильно, так само, як і монохромний. Зараз для багатьох сайтів використовують білий фон, що дозволяє не відволікати увагу від головного контенту. Простий дизайн в багатьох випадках виглядає набагато доречніше та привабливіше ніж перевантажений та складний.

Поряд з мінімалізмом слід виділити активне використання дизайнерами анімації, руху, фонових відео на своїх сайтах. Рух надає динаміки сайту, гарно підібране відео по концепту може стати чудовою рекламою та розбавити мінімалістичність сайту. Не можна не виділити використання сінемографів, зображень з частковою анімацією, що вигідно додають інтерактивності сайту.



Рисунок 1.

Також набуває популярності використання 3D-елементів, що можуть виконувати декоративну функцію або бути допоміжними елементами для більшої наочності та роблять веб-ресурс більш затребуваним.

На прикладі розробленого сайту на тему «Відомі люди України» можна побачити яскравий приклад мінімалістичного стилю. Блоки сайту розміщені не звичним способом, що притягує погляд. Відео та сінемографи, додані до сайту, задають динамічності та новизни.

РОЗРОБКА АЙДЕНТИКИ ТА ІНТЕРНЕТ-ПРЕДСТАВНИЦТВА ДЛЯ АТЕЛЬЄ МОД

Топопольська А.О., Глібко О. А.

Національний технічний університет

«Харківський політехнічний інститут», м. Харків

Метою роботи є розробка реклами для харківського ательє мод «Ательє 94». Актуальність роботи пов'язана з можливістю застосування розробленої рекламної кампанії у реальних умовах. У ході роботи було вирішено наступні питання: розробка фірмового стилю – айдентики, створення Web-сайту та моделювання рекламного 3D-ролику.

Розробка фірмової продукції та дизайн сайту відбувалася в програмах Adobe Photoshop 2020 та Adobe Illustrator 2019. 3D моделювання, анімація та рендеринг створювались у середовищі програми Autodesk 3DsMax 2020.

Після розробки логотипу (рис. 1) та фірмової символіки було створено фірмову продукцію: бланк, візитку, сертифікат, еко-пакет, рекламний каталог продукції, етикетку на одяг та рекламні постери.

Було розроблено UI/UX дизайн і верстку лендингу. Макети адаптовані під десктоп та мобільну версію. Макет створено по сітці Bootstrap з 12 колонок – рис. 2. Верстку сайту було реалізовано мовою розмітки HTML, мовою стилів CSS та мовою програмування JavaScript.

Для 3D ролику було створено сцену – центром композиції є манекен, що виступає символом ательє. Навкруги нього змодельовано дзеркала, що кружляють колами, відображаючи промені світла. На усі елементи сцени накладені матеріали, використовуються декілька джерел світла та камер.



Рисунок 1 - Логотип «Ательє 94»



Рисунок 2 - Макет лендингу
для десктопа

Таким чином, в результаті виконання роботи було розроблено рекламу для ательє, яка допоможе ефективному розвитку бізнесу на ринку.

РОЗРОБКА ДИЗАЙНУ ТЕМАТИЧНОГО БЛОГУ «СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ У ВЕБ_ДИЗАЙНІ»

Хорошайло О. В., Глібко О. А.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

При розробці дизайну сайту були враховані наступні вимоги:

-розроблений блог за авторським складом має бути особистим, за змістом – тематичним;

-на сайті повинна бути можливість швидкого пошуку інформації та сортування записів;

-блог має містити такі основні елементи, як: header, в якому розташовується назва блогу, основна система навігації для переходу користувача на різні розділи сайту та поля реєстрації і входу, поля пошуку інформації та сортування записів, додаткова навігація для швидкого переходу до потрібних записів та footer.

Прототип блогу був розроблений на основі аналізу сайтів-аналогів та цільової аудиторії сайту. Також на цьому етапі була визначена кількість сторінок сайту, до яких користувач може перейти за допомогою головної навігації. На етапі дизайну була зроблена оцінка front-end частини розробки сайту, тобто оцінка призначень елементів та можливість її реалізації. Також були визначені: кольорова гама сайту та шрифти. Прототип та дизайн головної сторінки (створений у графічному редакторі Adobe Photoshop CS6) наведені на рисунках 1,2.

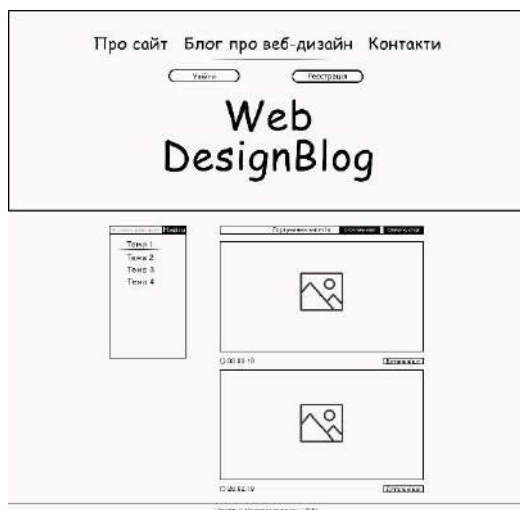


Рисунок 1 Прототип сайту



Рисунок 2 Дизайн сайту

Оскільки поняття дизайну сайту тісно пов'язано з поняттям юзабіліті, тому при створенні графічної частини необхідно дбати про те, щоб дизайн, а відповідно, і сайт був в першу чергу зручним. Дуже важливо передбачити правильне розміщення елементів.

РОЗРОБКА ІНТЕРНЕТ-МАГАЗИНУ ТОВАРІВ ДЛЯ ТЕНІСУ

Хорошайло А.В., Сімонова О.Г.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний університет», м. Харків*

Інтернет-магазин – це впровадження реалізації своїх товарів і послуг по всій країні. Зараз дуже велика кількість сайтів з можливістю здійснення покупок. Тому дуже важливо перед початком розробки сайту правильно обрати бізнес-нішу, в якій ви відчуваєте впевненість. Окрім цього треба провести аналіз сайтів-конкурентів.

У якості товарів, яких планується реалізувати продаж, було обрано тенісну продукцію. В Україні невелика кількість інтернет-магазинів для людей, що займаються тенісом, тому не буде надто складним просування сайту. Також тенісні товари малогабаритні, тому їх легко зберігати навіть вдома.

Дизайн логотипу сайту та сторінок магазину був створений в програмі Adobe Photoshop. За основу логотипу (рис. 1) було взято спрощене зображення ракетки та м'яча, а також накреслення назви магазину з заміною слова «for» на цифру 4. Макети сторінок відповідають усім вимогам верстки: кожен елемент представлений в окремому шарі; оформлення посилань вказано в трьох статусах: звичайне посилання (link), посилання при наведенні курсору (hover link), відвідане посилання (visited link); секції сайту згруповані по папкам з назвами. Елементи були розташовані за допомогою системи сіток Bootstrap. Макет головної сторінки наведений на рисунку 2.

Сайт був розроблений на CMS OcStore. Цей движок орієнтований на створення зручних та надійних інтернет-магазинів. Він дозволяє розробляти багатомовні та мультивалютні сайти з різними методами оплати та способами доставки товарів.



Рисунок 1 Логотип



Рисунок 2 Макет головної сторінки

В результаті роботи було розроблено сучасний інтернет-магазин, який зручний та легкий в користуванні. Сайт адаптовано під різні розміри екранів та перевірено на кросбраузерність. Адміністратору сайту доступне редагування усього контенту без змінення коду сторінки через адмін-панель. Розроблений магазин може стати початком ведення успішного бізнесу, їм може користуватися будь-яка компанія, яка реалізує продаж товарів для тенісу.

ДОСЛІДЖЕННЯ ФОРМОЗМІНИ МЕТАЛУ ПОКОВОК ПРИ КУВАННІ КОРОЗІЙНОСТІЙКИХ СТАЛЕЙ

Чухліб В.Л., Дуванський О.М.

***Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків***

У даній роботі було виконано дослідження формозміни металу поковок з корозійностійких сталей при виконанні операцій вільного кування. Однією з відповідальних деталей, які виготовляються з корозійностійких сталей є запірно-насосна арматура нафто- та газопроводів, а також відповідна арматура атомної промисловості. Технології виготовлення такої продукції потребує відповідність високим вимогам якості до готової продукції. Окрім цього технологія повинна забезпечити максимальне наближення форми поковки до форми готової деталі, що відповідає максимальному використанню металу. Все це потребує ретельної проробки технологічних переходів процесу вільного кування. Визначення найбільш раціональної схеми кування таких поковок, яка забезпечує отримання високих показників якості та зниження металомісткості отриманої продукції і було метою даної роботи.

Для досягнення цієї мети була проаналізована геометрія деталей корпусів насосів та запірної арматури і класифікована по характерним співвідношенням основних геометричних розмірів. В подальшому для кожної з характерних по геометрії деталей була розроблена відповідна послідовність технологічних переходів вільного кування. При цьому в основу розробки технологічних переходів кування покладено максимальне наближення форми поковки до форми готового виробу для забезпечення мінімальної металомісткості.

Для можливості аналізу раціональності запропонованих схем кування було виконане комп'ютерне моделювання формозміни металу з корозійностійких сталей, а саме сталі X18H10T. Це теоретичне дослідження було виконано у програмному комплексі QForm (ліцензія на використання якого є на кафедрі обробки металів тиском НТУ «ХПІ» та надана згідно договору про співпраці з компанією "Micas Simulation Ltd" (Оксфорд, Великобританія)). Промодельовані процеси вільного кування за різними схемами кування дозволили віднайти раціональну технологію кування такого типу поковок.

За результатами моделювання можливо зробити висновок, що розроблені технологічні схеми вільного кування дозволяють отримувати поковки відповідальних деталей, які виготовляються з корозійностійких сталей з забезпеченням отримання високих показників якості та мінімальної металомісткості продукції за рахунок використання раціональної формозміни металу в процесі вільного кування.

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ШВИДКОСТІ ОХОЛОДЖЕННЯ НА СТРУКТУРУ І ВЛАСТИВОСТІ СТАЛІ В ТЕХНОЛОГІЇ КОМПЛЕКСНОГО ІОННОГО АЗОТУВАННЯ

Шевченко С.М., Горова О.П., Терлецький О.С.

Національний технічний університет

«Харківський політехнічний інститут», м. Харків

В останні роки розвиток і дослідження технологій азотування показали можливість модифікування структури деталей шляхом збільшення глибини і рівномірності розподілу азоту по перетину деталей. Таке модифікування є особливо актуальним для деталей, які працюють в умовах ударно-циклічних навантажень, для яких важлива не тільки зносостійкість, але і висока ударна в'язкість.

Метою дослідження є вивчення впливу швидкості охолодження в технології комплексного іонного азотування (КІА) на структуру і властивості деталей зі сталі 9ХС.

КІА – це низькотемпературне азотування в плазмі несамоствійного дугового розряду низького тиску (іонне азотування) в поєднанні з подальшою термічною обробкою, а саме, нормалізацією або гартуванням з низьким відпуском. Азотувалася партія пуансонів різного діаметру ($d=2$ мм і 4 мм) зі сталі 9ХС в стані постачання у вітчизняній установці «БУЛАТ-6» при робочому тиску 0,3 Па. Регулюючи позитивний потенціал в межах від 100 до 150 В, підтримувалась температура азотування 520-570°C, протягом однієї години. Після азотування деталі нагрівались в муфельній печі до температури гарту 820°C, час витримки $\tau=20$ хв., потім охолоджувались в різних середовищах: на повітрі (режим №1), в маслі з наступним відпуском при температурі 250°C (режим №2). Аналіз зростання твердості проводився відносно встановленого рівня 6500 МПа, що відповідав стану сталі 9ХС після класичної термічної обробки: гартування та низького відпуску (без азотування). Виміри мікротвердості були зроблені по перетину зразків на приладі ПМТ-3, при навантаженні 200 г. Дослідження впливу комплексного іонного азотування з наступною нормалізацією і гартуванням з низьким відпуском на пуансони $d=2$ мм, показали досить близький результат за рівнем зміцнення, а саме: $H=8131$ МПа і 8789 МПа відповідно. Визначаємо, що структура цих зразків має однотипну голчасту будову, характерну для мартенситу. Розподіл мікротвердості по перетину має однорідний вигляд. Збільшення твердості в результаті режиму №1 дорівнює в середньому 1631 МПа, а по режиму №2 – 2289 МПа. Попередні рентгеноструктурні дослідження показали, що середня концентрація азоту цих деталей близько 1%, що є достатнім для високих експлуатаційних властивостей пуансонів, а саме: високої ударної в'язкості при достатньо високій твердості.

Дослідження впливу режимів №1 і №2 на пуансони більшого діаметру (4 мм) показали значну різницю між структурою і властивостями. Так, після нормалізації деталь отримала структуру зеренного сорбіту з високодисперсним голчастим бейнітом (за результатами мікроструктурного аналізу) зі середньою твердістю 5896 МПа (55 HRC), яка є нижче встановленого рівня (після гартування і відпуску без азоту) на 604 МПа. А в результаті гартування та низького відпуску деталь отримала структуру мартенсит відпуску зі середньою твердістю 7866 МПа, з приростом відносно класичної обробки – 1366 МПа.

Таким чином, аналізуючи вплив швидкості охолодження на рівень зміцнення пуансонів зі сталі 9ХС в технології КІА, визначаємо значний вплив розмірного фактору: зразки меншого діаметру отримали більш високу концентрацію азоту в результаті комплексної обробки. Застосування нормалізації або гартування з відпуском сприяло глибокій дифузії азоту по перетину деталі, про що свідчить значний приріст твердості. Різниця між середньою твердістю зразків після нормалізації та гартування з відпуском дорівнює 659 МПа. Тому для деталей перетином до 2 мм, нормалізація може проводитися замість гартування.

В зразках більшого діаметру, в результаті КІА, загальна концентрація азоту, по глибині значно менша, тому нормалізація не відповідає результату гартування, що є класичним результатом. Різниця приросту твердості між режимами дуже значна – 1970 МПа. Тому, для деталей більшого ніж 2 мм перетину, для зміцнення.

СТВОРЕННЯ РЕКЛАМНОГО РОЛИКУ ДЛЯ МАГАЗИНУ МОЛОДІЖНОГО ОДЯГУ «NATIVE WEST»

Явдошенко В.С., Глібко О. А.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

У сучасному світі, коли виділитися на фоні конкурентів і запам'ятовуватися споживачу все складніше, актуальності набуває наявність у складі рекламної продукції не тільки статичних, а і динамічних складових, а саме відеоматеріалів. Популярності набувають поряд з реалістичними відео і короткі анімаційні, зокрема тривимірні, рекламні ролики.

Такий продукт формує у свідомості споживача образ виробника, дає можливість наочного огляду приміщень, асортименту продукції, наближує до реальних локацій та, у підсумку, спонукає майбутнього покупця до активних дій, тобто придбання відповідного товару та послуг.

При розробці тривимірного ролику в основу було покладено раніш створену айдентику магазину, а саме: фірмовий блок, візитні картки, систему піктографічних знаків (для поліграфічної продукції та інтернет-сторінки), рекламну листівку та сайт-візитку.

У даній роботі наведений приклад виконання тривимірного відеоролику, створеного засобами програмного забезпечення 3Ds Max. За розробленим сюжетом користувач може оглянути споруду магазину як зовні, так і всередині. Процес створення включав наступні етапи: розробка сюжету ролику; побудова моделі екстер'єру магазину та оточуючих міських будівель; побудова моделі внутрішнього приміщення та елементів інтер'єру (вішалки, шафи, речі на полицях, одяг, каса та місце очікування).

Було здійснено текстурування об'єктів та сцен, розміщення джерел освітлення, рендер та запропонована траєкторія польоту камери. Фрагменти створеного відео наведені на рисунку 1.

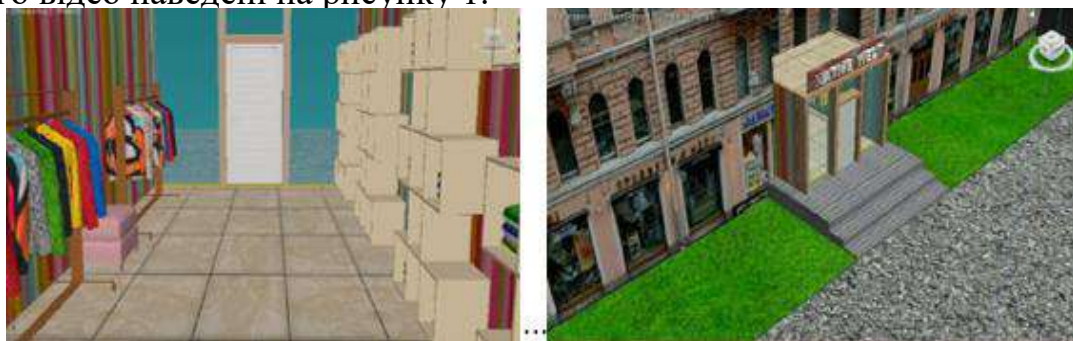


Рисунок 1 – Кадри з відеоролику

Таким чином, у ході роботи був створений тривимірний відеоролик, який увійшов до пакету рекламно-іміджевої продукції магазину молодіжного одягу «Native West». Запропонований продукт дозволяє рекламодавцю очікувати підвищення попиту споживачів на придбання його товарів та послуг.

СЕКЦИЯ 7. КОМП'ЮТЕРНІ ТЕХНОЛОГІЇ У ФІЗИКО-ТЕХНІЧНИХ ДОСЛІДЖЕННЯХ

ВЛИЯНИЕ КОГЕРЕНТНОГО И МОНОХРОМАТИЧЕСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА ВРЕМЯ ГЕМОЛИЗА ЭРИТРОЦИТОВ

Алмазова Е.Б.

*Национальный технический университет
«Харьковский политехнический институт»,
г. Харьков*

Исследовали эритроциты донорской крови человека методом химических (кислотных) эритрограмм, определяющим качественный состав крови. Принцип метода исследования распределения эритроцитов по их кислотной стойкости состоит в фотоэлектрической регистрации убыли числа эритроцитов в процессе гемолиза, развивающегося под действием раствора соляной кислоты в стабильных условиях. Кинетика гемолиза исследовалась фотоэлектрическим колориметром (КФК-2). Снималась зависимость оптической плотности D от времени t . Полученная кривая – статистическая дифференциальная функция распределения эритроцитов по кислотной стойкости – кислотная эритрограмма.

Были выполнены измерения кислотных эритрограмм для необлученной и облученной лазером ($\lambda = 640$ нм) и светоизлучающими диодами: «желтым» – $\lambda = 592$ нм; «фиолетовым» – $\lambda = 400$ нм; «зеленым» – $\lambda = 525$ нм (экспозиции 15 и 30 минут) крови 5 доноров.

Для обобщения величин изменений в параметрах по образцам крови всех доноров, перешли к сравнению относительных изменений времени полугемолиза ($\delta^{п-г}$) (времени, в течение которого разрушается половина клеток крови), моды ($\delta^м$) (максимума функции распределения статистического ансамбля), ширины на полувысоте ($\delta^ш$) (характеризует степень однородности эритроцитов по их кислотной стойкости) путем соответствующего усреднения.

Для удобства проведения сравнительного анализа влияния облучателя на время полугемолиза, собраны усредненные данные по образцам крови всех доноров, откуда видно, что с увеличением продолжительности времени облучения время полугемолиза уменьшается; относительное изменение увеличивается.

Результаты соответствуют известным представлениям о переносе молекул через клеточную мембрану. Величина потока молекул через мембрану и обратно пропорциональна толщине мембраны.

Получено, что наиболее эффективно влияет на эритроциты «желтый» светодиод. За ним по эффективности следует лазер, «фиолетовый» и «зеленый» светодиоды.

Применение метода кислотных эритрограмм предполагает введение в суспензию клеток крови раствора HCl. Молекулы HCl диффундируют к мембране через непрерываемый примембранный водный слой, после чего контактируют с мембраной, разрушая ее. Молекулы кислоты за более короткое время приходят к мембране, чем в случае, когда суспензия не подвергалась облучению, гемолиз в облученных клетках начинается ранее. Время полугемолиза эритроцитов, облученных «желтым» светодиодом меньше, чем время полугемолиза эритроцитов, облученных другими световыми источниками. Результаты, заставляют предположить, что облучение светового диапазона (светодиод и лазер) уменьшает толщину примембранного водного слоя.

Методом кислотных эритрограмм получено, что при облучении образцов крови лазером ($\lambda = 640$ нм), «фиолетовым» светодиодом ($\lambda = 400$ нм), «зеленым» светодиодом ($\lambda = 540$ нм), «желтым» светодиодом ($\lambda = 592$ нм) происходит уменьшение времени полугемолиза, который наблюдается при введении кислоты в суспензию крови. С увеличением продолжительности облучения время полугемолиза монотонно уменьшается.

ВЛИЯНИЕ КОГЕРЕНТНОГО И МОНОХРОМАТИЧЕСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА СКОРОСТЬ ВСТРЕЧНОГО ПЕРЕНОСА ИОНОВ ЧЕРЕЗ МЕМБРАНЫ ЭРИТРОЦИТОВ

Алмазова Е.Б.

*Национальный технический университет
«Харьковский политехнический институт»,
г. Харьков*

Одним из параметров, по которому определяется уровень биологического ответа на облучение светового диапазона, является скорость встречного переноса ионов хлора Cl^- и гидроксила OH^- , через мембрану.

Обработанные эритроциты вместе с водным раствором сахарозы помещалась в измерительную ячейку иономера (ЭВ-74). Посредством измерения концентрации ионов водорода (величины pH среды) водородным электродом иономера (ЭСЛ-43-07) определялось количество покинувших эритроциты ионов хлора. Определив изменение уровня закисления за определенный период времени, определяли скорость спадания pH, что позволяло определить суммарный поток ионов Cl^- , обменивающихся на суммарный поток ионов OH^- .

Используя соотношения, описывающие зависимость потока ионов через поверхность мембраны от разницы концентраций вещества, толщины мембраны, коэффициента диффузии и пр., на основании измеренных значений получили относительное изменение толщины диффузионного примембранного слоя облученных эритроцитов δ_D , по отношению к толщине указанного слоя не облученных эритроцитов.

На основе вышеописанной методики, были выполнены измерения необлученной и облученной световыми источниками: лазером ($\lambda = 640$ нм), «фиолетовым» ($\lambda = 400$ нм), «зеленым» ($\lambda = 540$ нм), «желтым» светодиодами ($\lambda = 592$ нм) крови 4 доноров.

Обменные потоки ионов Cl^-/OH^- у образцов, полученных от разных доноров различались. Тем не менее, во всех образцах потоки через облученные клетки превышали потоки через необлученные клетки. В результате 20-минутного облучения соотношение величин потоков, усредненных по 4 донорам равно $J(*)/J(0) = 1,22 \pm 0,06$, т.е. поток ионов через облученные клетки возрастал по сравнению с потоком через необлученные, в среднем на 17%. Соответственно, толщина диффузионного водного слоя уменьшилась на 15%, или $\delta_D(*) = 0,82 \cdot \delta_D(0)$. Этот результат коррелирует с результатом, полученным при измерении, облученных гелий-неоновым лазером эритроцитов методом парамагнитного допинга.

Установлено, что в результате облучения световыми источниками примембранный водный слой становится тоньше для диффузии молекул воды и ионов (Cl^- , OH^-), что приводит к ускорению переноса веществ через мембрану.

Физический механизм данного явления состоит в том, что излучение, как лазера, так и светодиодов воздействует на пузырьки воздуха, находящиеся в биологической жидкости, в том числе и в примембранном водном слое, и играющие роль своеобразных «перемешивателей». Под воздействием излучения светового диапазона увеличиваются размеры и скорость движения этих пузырьков, вследствие чего реализуется более активное перемешивание примембранного слоя; «эффективная толщина» его становится меньше, увеличивается проницаемость системы «клеточная мембрана плюс примембранный водный слой».

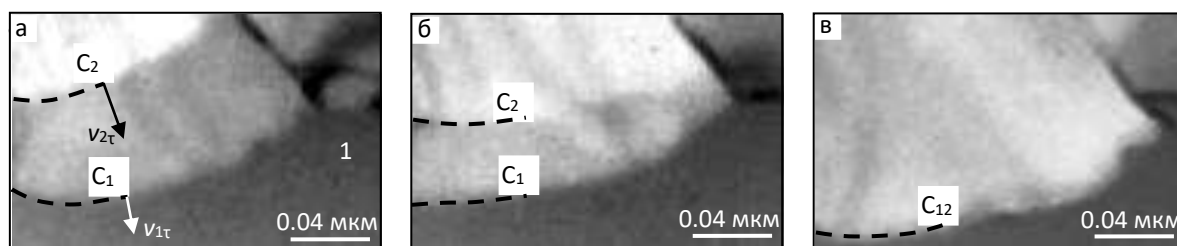
Выводы. 1. Излучение лазера ($\lambda = 640$ нм), а также излучение «фиолетового» ($\lambda = 400$ нм), «зеленого» ($\lambda = 540$ нм), «желтого» ($\lambda = 592$ нм) светодиодов увеличивают скорость встречного переноса ионов через эритроцитарные мембраны. 2. Уменьшение времени полутемнолиза и увеличение скорости встречного переноса ионов, облученных образцов крови, обусловлено уменьшением «эффективной» толщины примембранного диффузионного слоя.

МОДИ РОСТУ І КІНЕТИКА КРИСТАЛІЗАЦІЇ АМОРФНИХ ПЛІВОК

Багмут О.Г., Багмут І.О., Рєзнік М.О.

Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,
м. Харків

Узагальнено результати електронно-мікроскопічних досліджень "in situ" кристалізації тонких аморфних плівок. Аналіз даних проведено за допомогою класифікаційної схеми електронно-променевої кристалізації аморфних плівок, що включає структурно-морфологічні та числові характеристики [1, 2]. Виділено шарову поліморфну кристалізацію (ШПК) як аналог моди росту Франка-ван-дер-Мерве (ФМ), острівцеву поліморфну кристалізацію (ОПК) як аналог моди росту Фольмера-Вебера (ФВ) і дендритну поліморфну кристалізацію (ДПК) як аналог моди росту Странского-Крастанова (СК) [3]. Для кожного типу кристалізації визначено безрозмірний параметр відносної довжини δ_0 , який дорівнює відношенню характеристичної довжини до величини, пов'язаної з розміром елементарної комірки кристала (таблиця 1). Побудовані кінетичні криві кристалізації аморфних плівок.

Рис. 1. Кінокадри шарової кристалізації аморфної плівки Cr_2O_3 .

Мікрофотографії відповідають моментам часу t , що пройшов після початку кінозйомки: (а) $t = 0$ с; (б) $t = 0.83$ с; (в) $t = 1.67$ с. 1 - аморфна фаза. C_1 - фронт кристалізації, що рухається зі швидкістю $v_{1\tau}$. C_2 - фронт кристалізації, що рухається зі швидкістю $v_{2\tau}$. C_{12} - фронт кристалізації після об'єднання C_1 і C_2 .

Таблиця 1. Фазові перетворення аморфна фаза - кристал та пар - кристал

Аморфна фаза - кристал		Пар - кристал
Мода кристалізації	δ_0	Мода росту
ШПК	2500 - 4700	ФМ
ОПК	100 - 900	ФВ
ДПК	~ 3900	СК

Література:

- [1] А.Г. Багмут. Электронная микроскопия пленок, осажденных лазерным испарением. / А.Г. Багмут. – Харьков: Изд-во НТУ «ХПИ», 2014. – 304 с.
 [2] A.G. Bagmut, I.A. Bagmut, Functional Materials, 2019, vol. 26, 6-15.
 [3] E. Bauer, H. Porra, Thin Solid Films, 1972, vol. 12, 167-175.

СТРУКТУРА І ОПТИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ШАРІВ ЙОДИДУ МІДІ НА ГНУЧКИХ ПІДКЛАДКАХ ДЛЯ ТОНКОПЛІВКОВИХ ТЕРМОЕЛЕКТРИЧНИХ ГЕНЕРАТОРІВ

Бігас С.П.¹, Ключко Н.П.¹, Клепікова К.С.¹, Копач В.Р.¹, Жадан Д.О.¹,
Петрушенко С.І.², Дукаров С.В.², Любов В.М.¹, Кіріченко М.В.¹

¹*Національний технічний університет*

«Харківський політехнічний інститут»,

²*Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна, м. Харків*

Термоелектричні (ТЕ) матеріали становлять великий інтерес завдяки здатності перетворювати температурні градієнти між гарячими і холодними зонами систем безпосередньо на електрику у складі термоелектричних генераторів (ТЕГ). Перспективним напрямком є використання тонкоплівкових ТЕ матеріалів на поверхні гнучких підкладок таких як поліетилентерефталат (PET) та поліімід (PI). Поряд із надійністю через відсутність рухомих частин, відносною довговічністю та безшумною роботою, ТЕГ забезпечує такі переваги для великої кількості різних приладів як портативність та спроможність об'єднувати багато компонентів та з'єднань між ними, тобто масштабування. Йодид міді кубічної модифікації (γ -CuI, далі – CuI) визнано перспективним матеріалом термоелектрики у якості напівпровідника *p*-типу.

Тонкі плівки CuI були виготовлені методом SILAR на підкладках із поліетилентерефталату і полііміду. Осадження плівок йодиду міді проводили з використанням у якості катіонного прекурсора водного розчину, що містив 0,1 М CuSO₄ і 0,1 М Na₂S₂O₃, де утворювався комплекс Na[Cu(S₂O₃)], з якого іони Cu⁺ вивільнялися в розчин. Для реакції міцно адсорбованих іонів Cu⁺ на поверхні підкладок з іонами I⁻ для отримання моношарів CuI гнучкі підкладки занурювали у водний розчин NaI (аніонний прекурсор), концентрація якого становила 0,075 або 0,1 М. Товщину плівок CuI в діапазоні 0,40-0,45 мкм на підкладках PET і 0,14-0,50 мкм на підкладках PI визначали гравіметрично.

Рентгенівські дифрактограми для зразків плівок йодиду міді, нанесених на підкладки PET та PI, містять виключно дифракційні піки, які належать до кубічної структури йодиду міді (γ -CuI, JCPDS # 06-0246). Отже, всі плівки CuI є однофазними і полікристалічними. Виявлено, що середній розмір кристалітів в плівках CuI на підкладках PI (58–79 Å) менший, ніж у плівок на підкладках PET (45–91 Å). Плівки CuI на PET мають менші мікронапруження $(1,3\text{--}1,4)\times 10^{-2}$ (відн. од), $(1,2\text{--}5)\times 10^{-3}$ (відн. од), $4,7\times 10^{-4}$ (відн. од.), ніж плівки CuI на PI, у яких мікронапруження $1,12\times 10^{-2}$ (відн. од.) або $(1,4\text{--}4,7)\times 10^{-3}$ (відн. од.). Щільність дислокацій у плівках CuI на PET дещо більша $(1,2\text{--}4,8)\times 10^{16}$ (ліній/м²), ніж у плівок на підкладках PI $(1,57\text{--}2,97)\times 10^{16}$ (ліній/м²). Всі плівки CuI на PET і PI є напівпрозорими у видимому діапазоні. Ширина забороненої зони E_g для прямих оптичних переходів в плівках CuI на підкладках PET та PI є типовою для цього матеріалу, 2,95–2,98 еВ на підкладках PET та дещо меншою (2,80–2,85 еВ) для CuI на підкладках PI. Середня енергія Урбаха E_o плівок CuI, ~0,05-0,71 еВ на підкладках PET та ~0,95 - 2,77 еВ на підкладках PI, є великою через значну кількість кристалічних дефектів.

КРИТЕРІЇ ВИБОРУ РІВНЯ СКЛАДНОСТІ ЗАВДАНЬ ДЛЯ ДИСТАНЦІЙНИХ КУРСІВ ФІЗИКИ

Галушак І.В., Фат'янова Н.Б.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,
м. Харків*

Однією з основних рис сучасного світу є глобалізація інформаційного простору, різке зростання об'єму інформації, яка зберігається машинними носіями, а також неухильне зростання потоку інформації, яку людина отримує кожного дня протягом життя. За даними американських вчених обсяг інформації, що зберігається на планеті Земля, за двадцять років збільшився приблизно у сто разів і у 2007 році складав 295 мільярдів гігабайт.

Доступ до інформаційних ресурсів розширює можливості для самоосвіти, а також сприяє розвитку дистанційного навчання, яке стає дедалі більше популярним. Практика показує, що найкращі результати дає синергетичне впровадження дистанційних курсів поряд з аудиторними заняттями. При цьому особливого значення набуває як наповнення та форма подачі теоретичного матеріалу, так і зміст та вибір рівнів складності завдань, які пропонуються студентам для самостійного виконання.

На думку авторів завдання для дистанційних курсів фізики та загальної фізики можна поділити за їх призначенням. По-перше, це завдання, які допомагають опанувати та закріпити в свідомості основні фізичні закони, поняття, усвідомити сутність фізичних явищ та процесів. Це можуть бути тестові завдання, де студенту пропонується обрати з декількох варіантів правильне формулювання, правильну формулу, схему, напрямок вектору фізичної величини, одиниці її вимірювання, та ін. Якщо такі тренувальні тести студент проходить після кожного розділу теми, це допоможе йому більше оволодіти наданим матеріалом та краще його запам'ятати. По-друге, це навчальні завдання, мета яких – навчити студентів виходячи з умов завдання, правильно обирати закони, які необхідно взяти за основу та методи вирішення завдань. Такі завдання не мають бути занадто складними, щоб студенти не розчарувалися та не припинили спроби, але й не занадто легкими, щоб їм не було нудно. Американські вчені з Аризонського Університету визначили оптимальний рівень складності таких задач. За їх розрахунками учень має помилятися в 15% випадків. 85% - це точка, при якій при докладанні когнітивних зусиль та концентрації уваги продуктивність буде максимальною. Людина скоріше навчається саме з цією результативністю. По-третє, в кожному курсі необхідні завдання для перевірки та оцінювання рівня знань студентів за темами, розділами та курсом, який вони опанували. Для цього необхідно для кожного конкретного курсу розробляти комплекс рівневих завдань, що дадуть змогу визначити, студент опанував лише базові знання, або він навчився застосовувати їх для вирішення фізичних задач на достатньому чи високому рівні.

Література:

1. Сидоренко І.А. Самостійна робота студентів вищих навчальних закладів та її методика. Режим доступу: <http://www.kamts1.kpi.ua/node/1072>

ЗМЕНШЕННЯ МАГНІТНОГО ПОЛЯ ЛІНІЙ ЕЛЕКТРОПЕРЕДАЧІ ГРАТЧАСТИМИ ЕКРАНАМИ З ЕЛЕКТРИЧНО НЕЗВ'ЯЗАНИМИ ДІЛЯНКАМИ

Грінченко В.С., Ткаченко О.О.

ДУ «Інститут технічних проблем магнетизму

Національної академії наук України»,

м. Харків

У ряді випадків виникає необхідність зменшення рівня магнітного поля (МП) ліній електропередачі. Так, МП високовольтної повітряної лінії електропередачі (ПЛ) може перевищувати гранично допустимий рівень у розташованих поблизу будівлях. Один з найбільш ефективних методів зменшення МП полягає в застосуванні електромагнітних екранів. У своїх попередніх роботах авторами було запропоновано новий тип електромагнітного екрана: так званий, ґратчастий екран, який складається з набору проводів, з'єднаних між собою паралельно. Подальші дослідження, результати яких було представлено на конференції *IEEE UKRCON 2019*, показали, що ефективність ґратчастого екрана може бути підвищена за рахунок використання U-подібного профілю.

Метою даної роботи є визначення шляхів спрощення конфігурації ґратчастого екрана за умови збереження ефективності екранування МП ПЛ.

Результати чисельного моделювання, представлені на рис. 1 та рис. 2, показують, що конфігурація ґратчастого екрана може бути спрощена за рахунок використання електрично незв'язаних ділянок. Профіль екранів позначено квадратними маркерами. На рис. 1 наведено розподіл МП ПЛ, яка розташована ліворуч від осі ординат, в зоні екранування при використанні ґратчастого екрана з трьома електрично незв'язаними ділянками (однією вертикальною та двома горизонтальними). На рис. 2 всі проводи екрана на верхній та нижній горизонтальних ділянках з'єднані між собою паралельно, що дозволяє забезпечити ефективне екранування бета-компоненти МП ПЛ та, відповідно, результуючого МП ПЛ.

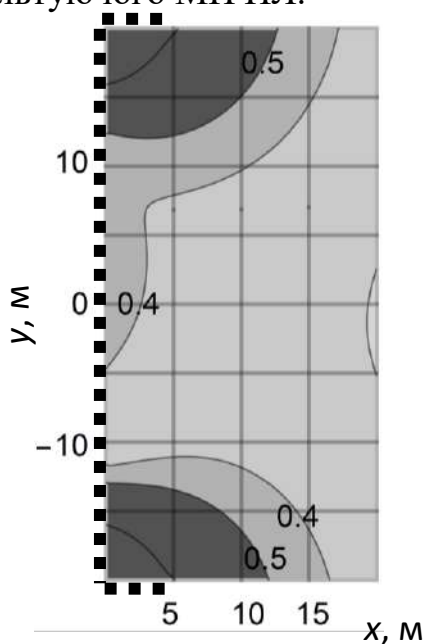


Рис. 1

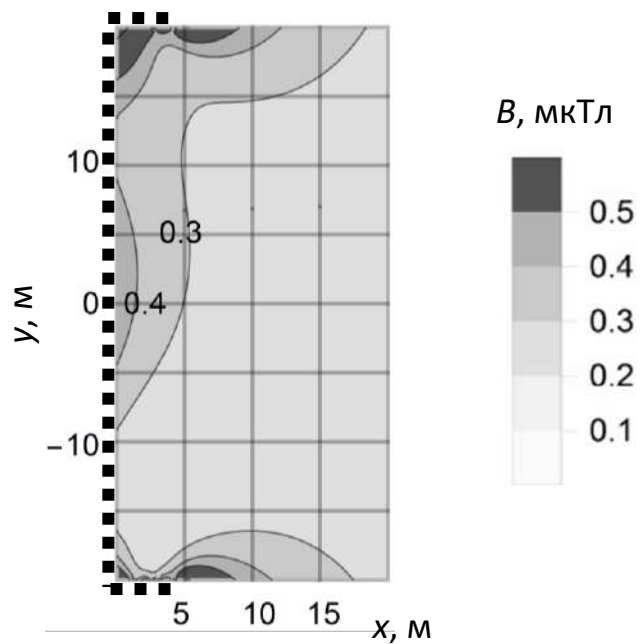


Рис. 2

ВПЛИВ ЖОРСТКОГО УЛЬТРАФІОЛЕТУ НА КРИСТАЛІЧНУ СТРУКТУРУ ШАРІВ CdTe

Доброжан А.І., Копач Г.І., Хрипунов Г.С.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,
м. Харків*

Сонячні елементи на основі гетеро системи CdS/CdTe перспективні для космічного використання. При довгостроковому впливі високоенергетичного іонізуючого випромінювання у випадку використання сонячних елементів в космічному просторі за рахунок процесів деградації спостерігається погіршення їх вихідних параметрів. Причиною цього може бути зміна кристалічної структури і оптичних властивостей матеріалу базового шару CdTe під дією зовнішніх випромінювань. Одним з таких випромінювань в космічному просторі є жорстке ультрафіолетове випромінювання. Тому актуальним є дослідження впливу жорсткого ультрафіолетового випромінювання на структуру тонких плівок телуриду кадмію.

Плівки CdTe отримані на скляних підкладках методом термічного випарювання у вакуумі при температурі підкладки $T_{\text{п}} = 400^{\circ}\text{C}$, вихідному тиску у робочому об'ємі вакуумної камери $P_{\text{арг}} = 10^{-4}$ Па. Структура плівок CdTe досліджена рентгендифрактометрично на рентгендифрактометрі ДРОН-4 у K_{α} -випромінюванні молибденового аноду. Отримані шари CdTe опромінювались жорстким ультрафіолетом з енергією квантів 10 еВ, густиною світлового потоку 10^{20} - 10^{21} квантів/м²с протягом 8 годин, що відповідає дозі опромінення $5 \cdot 10^6$ Грей, за умови маси напівпровідникової плівки з підкладкою $5 \cdot 10^{-4}$ кг.

Аналіз рентгендифрактограм шарів CdTe у вихідному стані проведений для стабільної кубічної фази, оскільки були наявні віддзеркалення кристалографічних напрямків (331) та (422), а віддзеркалення (105) гексагональної модифікації на рентгендифрактограмі відсутнє.

Для плівок CdTe товщиною >4 мкм у вихідному стані параметра кристалічної решітки становить 6,48(95) Å, що на 0,13% відхиляється від еталону $a=6,481$ Å. Після опромінення жорстким ультрафіолетом параметр a кристалічної решітки CdTe становив 6,49(10) Å (+0,15 % від еталону).

Для плівок CdTe товщиною >4 мкм всі наявні піки на рентгендифрактограмах зміщуються в бік більших кутів та відбувається незначне зростання їх інтенсивності. Розраховані середні значення мінімального розміру областей когерентного розсіяння та мікронапружень за Шеррером для плівок телуриду кадмію у вихідному стані та після опромінення ультрафіолетом, становили 19 нм та $4.7 \cdot 10^{-3}$ відн. од. і 21 нм та $4.1 \cdot 10^{-3}$ відн. од., відповідно.

Таким чином можна стверджувати, що дія жорсткого ультрафіолету на тонкі плівки телуриду кадмію, отриманих методом термічного випарювання, змінює їх структурні властивості: а саме збільшує рівень мікронапружень за рахунок збільшення параметрів міжплощинних відстаней, а також параметра кристалічної решітки a . Крім того зменшується рівень мікронапружень $\Delta\epsilon \approx 10\%$.

АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ТЕПЛООБМІНУ В СОНЯЧНОМУ КОЛЕКТОРІ

Зайцев Р.В., Мінакова К.О.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,
м. Харків*

Раніше [1] обговорювалася гібридна система для сонячного колектора (PVT system), яка, завдяки використанню плівкових сонячних елементів на основі гетеросистеми CdS/CdTe, дозволяє досягти більшої ефективності, ніж гібридні системи на основі кремнієвих сонячних елементів [2]. Для плівкових, як і для кремнієвих, сонячних елементів в такій системі необхідний ефективний відвід тепла від сонячних елементів до теплообмінника, а також ефективний теплообмін в самій системі. У зв'язку з розвитком PVT систем, питання збільшення ефективності теплообміну в системах сонячних колекторів набуває нової актуальності. Зазвичай, коефіцієнт поглинання сонячної енергії враховує такі фактори, пов'язані з його конструкцією [3]: $\gamma = \varepsilon_{gl} \cdot \varepsilon_{sc} \cdot m_{pol} \cdot D_{gl}$, де ε_{gl} – ступінь чорноти скла (зазвичай становить 0,93-0,94); ε_{sc} – ступінь чорноти теплоприймаючого шару (selectivecoating) (зазвичай наноситься селективне покриття з високим коефіцієнтом поглинання і низьким коефіцієнтом відбиття, $\varepsilon_{sc} = 0,92-0,96$); m_{pol} – коефіцієнт, що враховує забруднення скла (навіть при ледь помітному для ока забрудненні скла $m_{pol} = 0,80-0,90$); D_{gl} – коефіцієнт пропускання скла, який залежить від якості скла, його товщини і кута падіння сонячних променів на поверхню $D_{gl} = \exp(-A_{\lambda} \cdot \delta_{gl})$; A_{λ} – показник поглинання склом сонячного випромінювання.

Однак, втрати при теплообміні в PVT системах не обмежуються захисним склом, а процесами теплообміну в самому колекторі часто нехтують і не враховують ряд факторів, які також призводять до значного зниження його ефективності. В роботі проведено аналіз таких факторів: вторинне перевипромінювання, радіаційний теплообмін, конвекційний теплообмін, режими протікання рідини, коефіцієнти теплопередачі.

Наприклад, кількість енергії, яка перевипромінюється, буде істотно зменшуватися з ростом товщини скла, що покриває сонячний колектор. Однак, поряд з цим, зростання товщини скла призведе до збільшення втрат сонячного випромінювання, яке приходить. При загальноприйнятих товщинах скла 4 мм температурна залежність буде визначатися температурною залежністю показника поглинання $\varepsilon(\lambda)$. У зв'язку з тим, що при дожинах хвиль > 5 мкм всі криві поглинання однотипні, для низьких температур здатність скла перевипромінювати прагне до величини масивного тіла, тобто $\varepsilon_{gl} = 0,93$. Це означає, що звичайне скло має відносно високу прозорість для сонячного випромінювання, але погану теплоізоляцію (коефіцієнт теплового опору дорівнює 1). Тому, наприклад, більш доцільно використовувати два шари скла невеликої товщини з повітряним зазором між ними.

На підставі аналізу факторів, що впливають на теплообмін, можна проводити відповідний аналіз реальних систем для їх подальшої оптимізації. Запропоновані методики дозволять проводити оптимізацію як існуючих, так і розроблюваних PVT систем для збільшення їх ефективності.

Література:

- [1] M.V. Kirichenko, R.V. Zaitsev, D.S. Lobotenko et al., Conception of flexible thin-film solar battery for autonomous hybrid thermophotovoltaic unit (II International YSF on Applied Physics. – Kharkiv: NTU "KhPI", 2016. – P. 11).
- [2] P. Affolter, W. Eisenmann, H. Fechner et al., PVT ROADMAP (European guide for the development and market introduction of PV-Thermal technology, 2010)
- [3] B.J. Huang, Performance rating method of thermosyphon solar water heaters - SolarEnergy, 1993. – 50(5) – P. 435-440.

ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ У СКЛАДНИХ МЕРЕЖАХ

Кириченко О.Л., Остапов С.Е.

*Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича,
м. Чернівці*

У роботі розглянуто результати проведених досліджень складних мереж, а саме: проведення статистичного та кластерного аналізу деяких зон веб-простору (українського – net.ua; edu.ua, польського сегменту – edu.pl та ізраїльського – ac.il). Для проведення таких досліджень (збору, опрацювання, збереження, проведення статистичного та кластерного аналізу інформації) нами була розроблена інформаційна технологія. Структура розробленої інформаційної технології наведена на рис. 1.

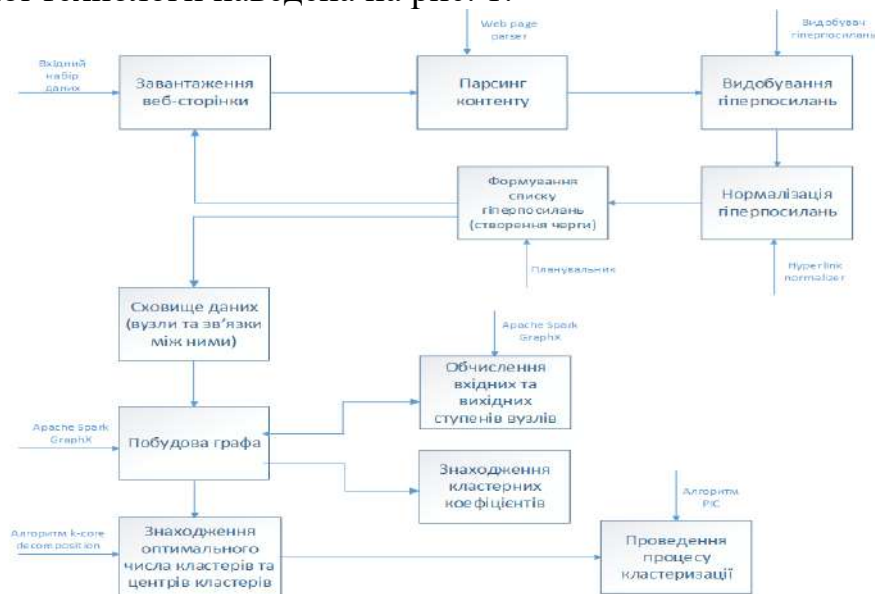


Рис.1. Загальна схема інформаційної технології проведення статистичного та кластерного аналізу у складних мережах

Отже, розроблена інформаційна технологія застосовувалась для проведення статистичного та кластерного аналізу різних зон веб-простору (edu.pl, ac.il, net.ua та edu.ua). Для кожного сегменту побудовано розподіл ймовірності вузлів по вхідних та вихідних зв'язках. Обчислені коефіцієнти кластерності підмереж. Побудовано та визначено середні значення ступеня вузла для неорієнтованих графів [1]. Побудовані графи досліджуваних зон. Методом k-Core decomposition визначено оптимальну кількість кластерів для кожного сегменту веб-простору, знайдено центри кластерів та проведено розбиття досліджуваних сегментів на кластери за допомогою алгоритму PIC (Power iteration clustering) [2].

Література:

1. Kyrychenko Oksana, Ostapov Sergey, Kanovsky Igor. Comparison of Statistical Characteristics of Certain Internet Subdomains. Monograph. Scientific Publishing of the Academy of Business in Dabrowa Gornicza: Wydawnictwo Naukowe, 2014. 138 p.
2. Кириченко О.Л., Остапов С.Е., Кановський І.Я. Проведення оптимальної кластеризації структури деяких зон веб-простору за допомогою методу k-core decomposition. Проблеми інформатики та комп'ютерної техніки: матеріали міжнар. наук.-практ. конф. (м. Чернівці, 11-14 жовт. 2018 р.). Чернівці, 2018. С. 48-50.

ЕЛЕКТРИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ТА ЕЛЕКТРОННІ ПАРАМЕТРИ ВИГОТОВЛЕНИХ МЕТОДОМ РІДИННОФАЗНОГО МОЛЕКУЛЯРНОГО НАШАРУВАННЯ ПЛІВОК ЙОДИДУ МІДІ

Костюченко Є.Р.¹, Жадан Д.О.¹, Ключко Н.П.¹, Клепікова К.С.¹,
Копач В.Р.¹, Петрушенко С.І.², Астахова Я.І.², Дукаров С.В.²,
Любов В.М.¹, Кіріченко М.В.¹

¹Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»,
² Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна,
м. Харків

Широкозонний напівпровідниковий матеріал йодид міді (CuI) успішно застосовується в якості прозорого електропровідного шару для транспорту дірок у твердотільних сенсibilізованих барвниками сонячних елементах, а також останнім часом для створення тонкоплівкових гілок *p*-типу в термоелектричних перетворювачах енергії. Для перелічених застосувань важливими є дослідження електричних і термоелектричних властивостей, а також електронних параметрів наноструктурованих плівок CuI.

В даній роботі методом рідиннофазного молекулярного нашарування SILAR із використанням різних концентрацій аніонного прекурсора виготовлено наноструктуровані плівки CuI товщиною 100 – 820 нм на гнучких підкладках із поліетилентерефталату (ПЕТ) та на твердих підкладках зі скла. Методом термозонду підтверджений *p*-тип провідності плівок CuI. Питомий електроопір плівок CuI на підкладках зі скла дещо більший $\rho = (7-16) \times 10^{-4} \text{ Ом} \cdot \text{м}$, ніж на підкладках ПЕТ $\rho = (3-9,5) \times 10^{-4} \text{ Ом} \cdot \text{м}$. Матеріал підкладки певною мірою впливає на характер змін питомого опору CuI з температурою T , але тільки для самих тонких плівок CuI. Зі збільшенням товщини плівок CuI понад 100 нм в зразках CuI/скло і CuI/ПЕТ вплив підкладки на транспорт носіїв заряду втрачається. Для плівок CuI товщиною 200 – 820 нм спостерігається перехід від зменшення ρ при збільшенні T до збільшення ρ з ростом T , тобто характер транспорту носіїв заряду в плівках CuI змінюється від напівпровідникового до металевого. Причиною є нанокристалічна структура цих вироджених напівпровідникових плівок. Всередині нанокристалічних зерен CuI транспорт носіїв є типовим для металів, а напівпровідникові властивості пов'язані із існуванням бар'єрів між цими зернами, коли перенесення носіїв заряду має стрибковий характер. Отримані дані про коефіцієнти термо-ЕРС (S) демонструють менші значення ($S = 85-123 \text{ мкВ/К}$) для всіх зразків CuI/ПЕТ порівняно зі зразками CuI/скло ($S = 179-251 \text{ мкВ/К}$), що корелює із транспортними властивостями. Зменшення S в зразках CuI/ПЕТ пояснюється тим, що вироджені напівпровідникові плівки CuI більш явно виявляють металеві властивості, що узгоджується з їх порівняно невеликим електроопором.

ЕЛЕКТРИЧНА ДУГА ПРИ ГАЗОТЕРМІЧНОМУ НАПИЛЕННІ

Крахмальов О.В.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,
м. Харків*

При атмосферному тиску і кімнатній температурі газу є діелектриками, оскільки складаються переважно з нейтральних молекул. Зі збільшенням температури кількість електронів та іонів у газі зростає і газ стає провідником. Проходження струму крізь газ спричиняє газовий розряд. Залежно від механізму іонізації газу розряди діляться на самостійні і несамостійні.

Іонізація газу в самостійному розряді відбувається внаслідок енергії самого розряду. Для підтримки горіння несамостійного розряду необхідне додаткове стороннє джерело іонізації. Ним може бути електронний промінь, підігрівання газу чи будь-яке інше джерело енергії. Електрична дуга належить до типу самостійних розрядів. У просторі, де відбувається такий розряд, розрізняють три характерні області: дві приелектродні (катодну і анодну) та область стовпа дуги. У приелектродних областях зосереджений об'ємний заряд і відбувається передача енергії від газового розряду в тверде тіло електродів. В дузі виділяються три області проходження струму: крізь плазму (стовп дуги); крізь межу між катодом і плазмою, та між анодом і плазмою. Розміри приелектродних областей малі і залежать від фізичних явищ в розряді. Довжина стовпа дуги, навпаки, може легко змінюватися завдяки зміні розміру відстані між електродами, що і знаходить своє застосування в процесах нанесення покриття.

В нормальному стані в атомах електрони займають найбільш до ядра орбіти, тобто знаходяться на нижчому дозволеному енергетичному рівні. Якщо електрон одержує енергію вищу за максимально можливий рівень, він переборює дію сил тяжіння ядра атома і залишає його. Атом перетворюється в позитивний іон, тобто відбувається іонізація атома.

У стовпі дуги головним механізмом іонізації є термічна іонізація. Існуюче між електродами дуги електричне поле передає енергію електронам і іонам. Наявність в стовпі дуги важких частинок (атомів і іонів) дає можливість електронам при зіткненнях з ними перетворювати свою кінетичну енергію в енергію хаотичного теплового руху газу.

Термічна іонізація практично стає помітною вже при температурі приблизно 2000 К. При високих температурах іонізація може відбуватися внаслідок активного зіткнення нейтральних атомів; зіткнення нейтральних атомів з іонами чи нейтральними атомами, що мають кінетичну енергію; зіткнення нейтральних атомів з електронами; зіткнення іонів з електронами.

Електрична дуга як джерело енергії використовується при електро-дуговому нанесенні покриттів. Дуга плавить електроди, а розплавлений метал видаляється і розпилюється із зони плавлення потоком газу. Швидкість подавання дроту визначається режимом горіння дуги.

СТРУМІНЬ НИЗЬКОТЕМПЕРАТУРНОЇ ПЛАЗМИ

Крахмальов О.В.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,
м. Харків*

Найбільш сучасним і універсальним джерелом нагрівання та прискорення частинок матеріалу, який утворює покриття, є струмінь низькотемпературної плазми. Він утворюється нагріванням за допомогою електричної дуги плазмотворювального газу, який, обдуваючи дугу і проходячи крізь неї, підвищує свою температуру, змінює склад, дисоціює та іонізує.

Для нанесення покриттів використовується низькотемпературна плазма, яка формується, зазвичай, при атмосферному тиску і є високо нагрітим газом із відносно невисоким ступенем іонізації. Крім електронів і іонів в плазмі є також неіонізовані атоми і молекули. До низькотемпературної плазми відносять речовину з температурою $T = 10^3 - 10^5$ К і ступенем іонізації 2 – 20 %.

Перевагою атмосферної низькотемпературної плазми є високі технологічні властивості, які визначаються значною ентальпією і добрими переносними властивостями плазми, тобто здатністю передавати температуру і кінетичну енергію частинками матеріалу, що напилюється. Середня кінетична енергія електронів, іонів і нейтральних молекул у плазмі різна. Тому розрізняють температуру електронів, температуру іонів і атомну температуру.

Внаслідок істотної різниці мас електрона та іона легкий електрон передає важкому іону лише невелику частину своєї кінетичної енергії і відскакує від нього. Для повної передачі енергії електрон повинен багато разів зіткнутися з іоном. Одночасно електрон отримує енергію від джерела електричного струму.

У стовпі дуги високого (атмосферного) тиску електронна та іонна температури близькі одна до одної, оскільки в умовах щільного газу спостерігаються часті зіткнення між електронами та іонами, які вирівнюють їх температуру, тобто умови існування дугової плазми близькі до умов локальної термодинамічної рівноваги. У дуговому розряді загальна кількість іонів дорівнює загальній кількості електронів при однократній іонізації, оскільки ці частинки отримуються з нейтральних в однаковій кількості. У загальному випадку існують процеси, які призводять до перевищення кількості заряджених частинок одного знака над частинками іншого знака в окремих малих об'ємах газу. Але практично завжди дуговий розряд є квазінейтральним, тобто локальні концентрації іонів і електронів близькі.

Струмінь плазми, який генерується плазмотронами, дуже неоднорідний і має складну структуру. В загальному випадку всі існуючі потоки реального газу поділяються на ламінарні і турбулентні. На зрізі сопла плазмотрона течія може бути ламінарною ($Re < 100 - 250$) і турбулентною ($Re > 300 - 800$). На дистанціях від зрізу сопла, які становлять інтерес з точки зору напилення (100 – 300 мм), потоки дуже часто виявляються турбулентними.

СТУДЕНТСЬКИЙ НАУКОВИЙ ГУРТОК ЯК МЕТОД ІНДИВІДУАЛЬНО-ОРІЄНТОВАНОГО ВИКЛАДАННЯ ДИСЦИПЛІНИ

Кривоніс С.С., Храмова Т.І., Шелест Т.М.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,
м. Харків*

Науково-дослідна робота студентів - один з основних напрямків в процесі навчання, що сприяють розвитку професійних якостей того, хто навчається. Науковий гурток - найперший крок у дослідницькій роботі студентів, тому цілі перед його учасниками ставляться нескладні. Найчастіше, це підготовка доповідей і рефератів, які заслуховуються на засіданнях гуртка або наукових конференціях.

На перших порах основна роль в науковій роботі студента належить його керівникові. Саме від досвіду, таланту і терпіння наставника залежить, чи змінить початковий запал юних дослідників вдумлива робота. Залучення студентів в наукові гуртки проводиться співробітниками кафедри на лекціях, практичних заняттях, при індивідуальних бесідах і консультаціях.

За минулі роки значно зросла кількість студентів, що займаються в студентських наукових гуртках. За традицією, тематика гуртка формується з урахуванням інтересів студентів, а також тих напрямків, якими займається кожен викладач. Сучасний підхід до навчання вимагає наочності, в зв'язку з чим, обов'язковим елементом будь-якого засідання фізичного гуртка є демонстрація фізичних процесів та законів. Практична орієнтованість гуртка, можливість в повному розумінні слова «прикласти руку» є однією з причин його популярності і відвідуваності. Дійсно, реалії нашої освіти такі, що в групі неможливо кожному студенту приділити достатньо часу на відпрацювання методів дослідження. Все це ефективно можна зробити в гуртку, де у викладача з'являється можливість «індивідуально-орієнтованого навчання студента». З великим інтересом, наприклад, студенти-гуртківці сприймають демонстрацію фізичних законів і процесів.

Студентський науковий гурток - це ініціатива і робота самих студентів, де вони вчаться аналізувати матеріал, створювати пристрої, правильно підносити результати своєї діяльності. Формами підведення підсумків роботи гуртка можуть стати конкурс доповідей, участь в наукових конференціях і предметних олімпіадах, проведення круглих столів, зустрічі з вченими, а також публікація тез кращих робіт в наукових збірниках.

Студентський науковий гурток в навчальному закладі є формою виховання, освіти, навчання, дозволяючи більшою мірою індивідуально, з урахуванням його інтересів, підійти до студента. Результатом вивчення студентами літератури, при підготовці до виступів, є освоєння українського, міжнародного наукового і практичного потенціалу в різних сферах діяльності. З'являється досвід короткого і конкретного теоретичного виступу. Пошукова, дослідницька робота студента може бути початком наукової діяльності майбутнього фахівця. Саме тому студентські наукові гуртки є досить ефективною формою навчання студентів.

КОМП'ЮТЕРНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАДАЧ БАЛІСТИКИ В ШКІЛЬНОМУ КУРСІ ФІЗИКИ

Літвинова Діана, Сендеров О.А.

ХЗОШ № 166, Математичний гурток, м. Харків

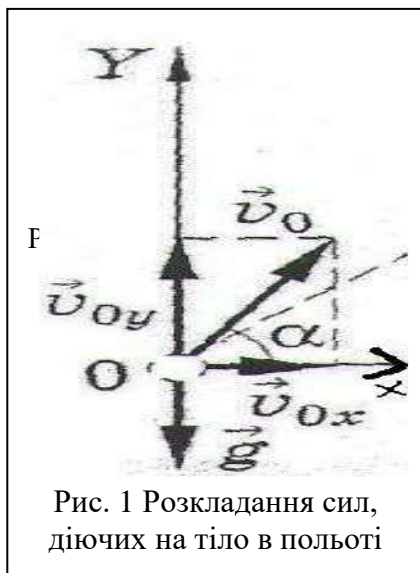


Рис. 1 Розкладання сил, діючих на тіло в польоті

«Ballo» - лат. - кидаю. Засновник науки «Балістики» Галілео Галілей поклав в її основу дослідження параболи. При цьому швидкість тіла, яке рухається під кутом α до горизонту (V_0), розкладається на дві складові частини: горизонтальну (V_{0x}) і вертикальну (V_{0y}). При цьому, на тіло діє поле земного тяжіння з прискоренням $g = 9,8 \text{ м/сек}^2$ – (див. рис.1.).

Дослідження показують, що з урахуванням сили земного тяжіння, тіло рухається по параболі в вертикальній площині, спочатку угору рівноуповільнено до точки максимуму, а потім вниз рівноприскорено до зустрічі з землею.

Наявність у параболи екстремальної точки сприяє прагненню використати саму параболу в якості математичної моделі для багатьох прикладних

технічних і природних процесів. Тому природно, що виникла так звана «артилерійська задача». Ця задача має велику історію, починаючи з дослідів Галілео Галілея. В своєму сучасному вигляді ця задача має такий вираз: «Знайти оптимальний кут нахилу ствола артилерійської гармати до гори-зонту, так щоб влучити в ціль на відомій відстані». Математична постановка (в межах шкільної програми) слідує: Визначити кут нахилу ствола гармати, при відомій відстані до цілі (S) по формулам: $S = V_0^2 \sin(2\alpha)/g$, $S_{\max} = V_0^2/g$, при $\sin(2\alpha) = 1$. Тоді при даній відстані до цілі (S_0) будемо мати кут нахилу ствола гармати рівним: $\alpha = 0,5 \times \arcsin(S_0 \times g / V_0^2)$.

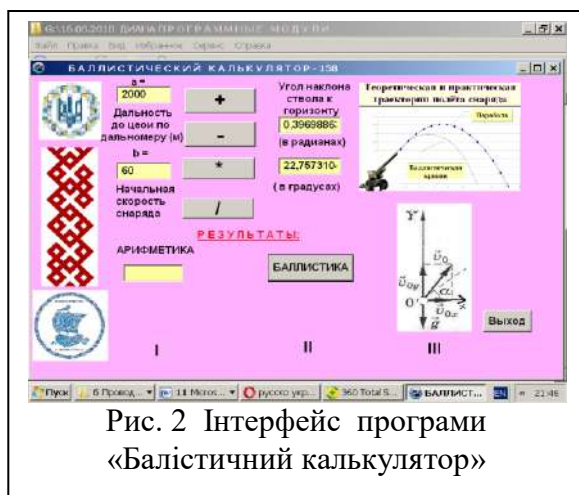


Рис. 2 Інтерфейс програми «Балістичний калькулятор»

Нами розроблена комп'ютерна програма «Балістичний калькулятор» на мові Делфі-Лазарус (рис.2). Ця програма дозволяє вирішувати цю задачу. Але це спрощена балістична задача, тому що параболу – це є ідеалізоване допущення. Дійсна траєкторія польоту тіла реально відрізняється від ідеальної математичної параболи (див. рис.2). В реальній ситуації на політ снаряду впливає багато природно-кліматичних факторів: вітер, сніг, дощ і т.д.

Таким чином, в нашій доповіді розглянуті постановка і розв'язання задачі розрахунку спрощеної балістичної траєкторії в полі земного тяжіння, без урахування природно-кліматичних факторів таких як супротив повітря, вітер, дощ і т.д.

МОДУЛЯТОР

Луб'яний Л.З., Оверко М.Є., Чичибаба І.О.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,
м. Харків*

Для обробки квазіпостійного сигналу за допомогою ПК була розроблена схема модулятора. Як інтерфейс використовувалася звукова плата з пропускнуою здатністю 20Гц-20кГц. Так як наш сигнал повільно змінюється по амплітуді, для обробки його необхідно перетворити в змінний. Для цього була запропонована схема модулятора (див. рис. 1а). В якості переключаючих елементів використовувався двоканальний оптрон ОЕП-16.

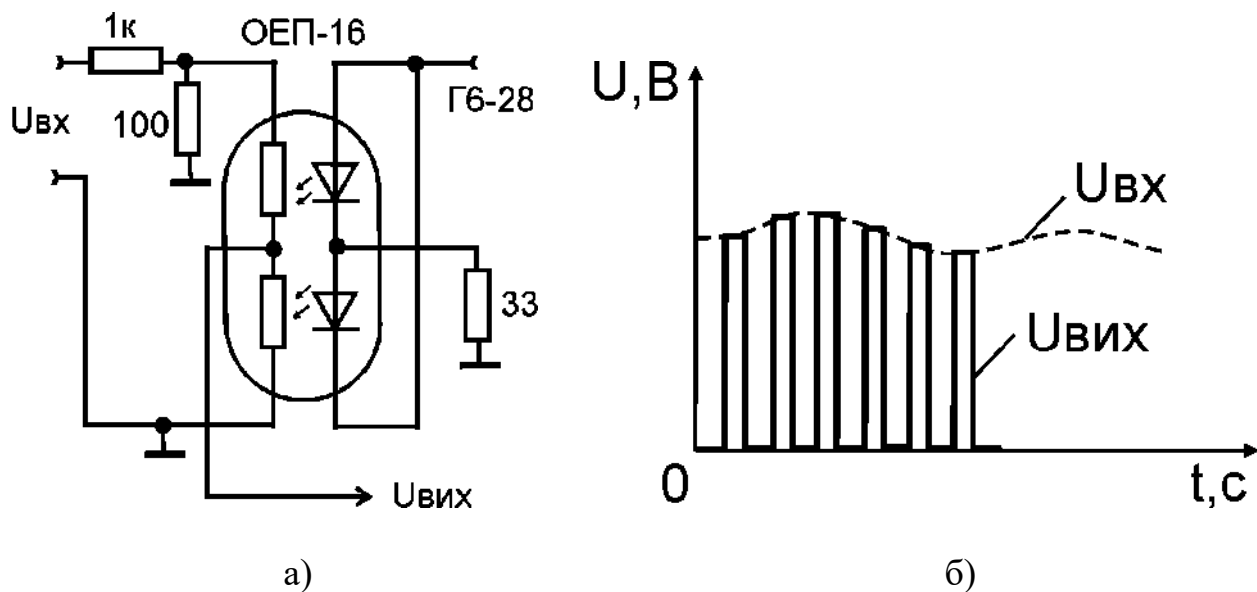


Рис. 1 – Електрична схема модулятора (а) та епюри напруг (б)

Вихідний сигнал повторює за амплітудою вхідний (див. епюри на рис.1б). Робоча частота обрана близько 100Гц (визначається швидкодією оптрона). В якості керуючого сигналу використаний генератор Г6-28. Робочий струм управління був обраний порядку 10-15мА. При цьому опір відкритого оптрона становив близько 250Ом.

Література:

1. Титце У., Шенк К. Полупроводниковая схемотехника – М.: Мир, 1983.

НАГРІВАЧ НА ТРАНЗИСТОРИ

Луб'яний Л.З., Оверко М.Є., Чичибаба І.О.
*Національний технічний університет
 «Харківський політехнічний інститут»,
 м. Харків*

Для випробування ефективності роботи елементів Пельтьє був розроблений нагрівач на транзисторі 2SC3855 в металопластмасовому корпусі. Схема включення приведена на рис. 1а. Транзистор включений в режимі стабілізатора струму, а регулювання потужності здійснюється зміною напруги живлення. Робочий струм складає близько 2А. Максимальна потужність досягала 60 Вт. Схема експерименту приведена на рис. 1б.

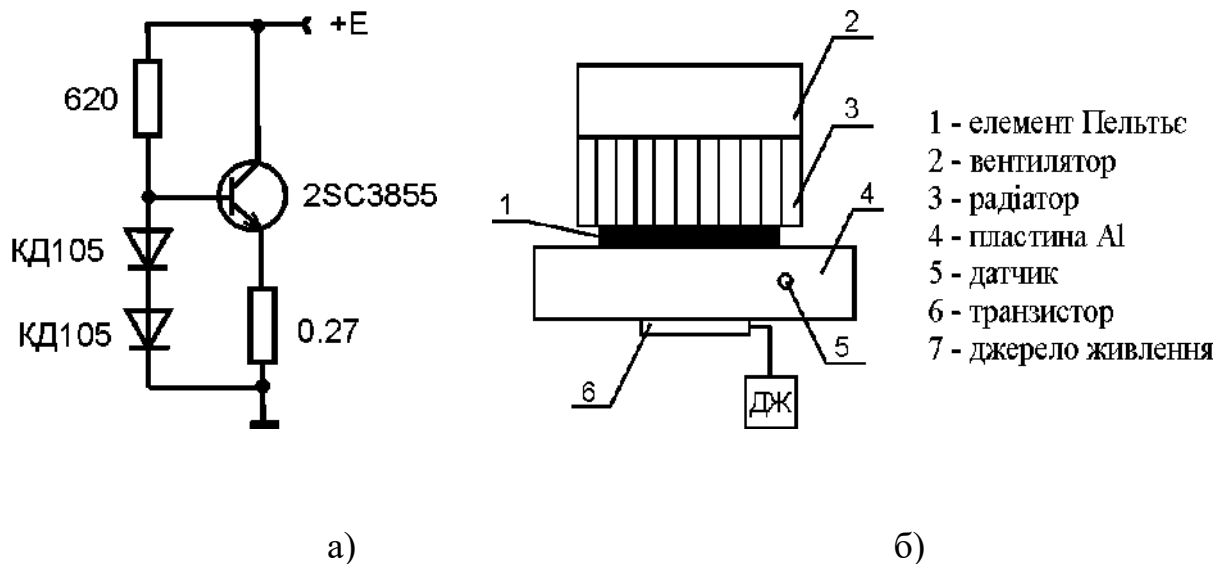


Рис. 1 – Принципова схема нагрівача (а) та схема експерименту (б)

В ході експерименту потужність нагрівача підбиралася таким чином, щоб температура пластини зрівнялася з температурою навколишнього середовища. Контроль температури проводили електронним термометром на базі датчика DS18B20. При цьому нагрів пластини від нагрівача був скомпенсований її охолодженням елементами Пельтьє. Таким чином вдалося встановити реальну холодопродуктивність елементів Пельтьє.

Література:

1. Титце У., Шенк К. Полупроводниковая схемотехника – М.: Мир, 1983.

ТЕПЛОЄМНІСТЬ ХОЛОДНОПРЕСОВАНОГО Bi_2Te_3

Мартінова К.В., Рогачова О.І.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,
м. Харків*

Телурид вісмуту Bi_2Te_3 широко застосовується в якості низькотемпературного термоелектричного (ТЕ) матеріалу для створення p - та n -гілок охолоджувальних пристроїв [1]. Для отримання полікристалів із високими експлуатаційними характеристиками інколи доцільно використовувати холодне пресування із відпалом замість інших методів (гаряче пресування, іскроплазмове спікання та ін.). При цьому з точки зору практичного використання важливим є знання теплових властивостей матеріалу.

Мета роботи – дослідження температурної залежності теплоємності холоднопресованого відпаленого полікристалу Bi_2Te_3 .

Об'єкт дослідження – холоднопресована таблетка ($d = 15$ мм, $h = 10$ мм) Bi_2Te_3 виготовлена із злитку, отриманого сплавленням Bi і Se у вакуумованій ампулі із відпалом ($T = 650$ К, $t = 300$ год.). Порошок дисперсністю 200 мкм пресували за T_k ($P = 7$ т/см²) і знову відпалювали у вакуумі ($T = 650$ К, $t = 300$ год). Вимірювання теплоємності C_p здійснювали методом динамічного калориметру на приладі ІТ-С-400 в інтервалі $T = 150 - 625$ К. Для зниження похибки вимірювань, залежність $C_p(T)$ знімали шість разів, після чого отримані значення усереднювали. Результуюча похибка складала $\sim 3\%$.

Встановлено, що C_p монотонно зростає в усьому інтервалі T , що можна інтерпретувати, як відхилення від закону Дюлонга-Пті, який передбачає вихід значень C_p на насичення за T , вищих температури Дебая Θ_D . Відомо, що Θ_D Bi_2Te_3 складає $\Theta_D = 155.5$ К, тому зростання C_p з температурою при $T > 300$ К можна пов'язати з впливом ангармонійного внеску у загальну теплоємність [2]. Отримані значення C_p є близькими до значень C_p полікристалів, отриманих у спосіб іскроплазмового спікання [3].

Література:

1. Uher C. (ed.) Materials Aspect of Thermoelectricity. – Boca Raton: CRC Press. – 2016. – 610 p.
2. Rogacheva E.I.; Doroshenko A.N.; Nashchekina O.N. [Temperature and concentration dependences of specific heat of \$\text{Bi}_{1-x}\text{Sb}_x\$ solid solutions](#) // Functional Materials. – 2018. – V. 25. – N 4. – P. 720 - 728.
3. Liu X.-D., Y.-H. Park Structure and transport properties of $(\text{Bi}_{1-x}\text{Sb}_x)\text{Te}_3$ thermoelectric materials prepared by mechanical alloying and pulse discharge sintering // Materials transaction - 2002. -V.43. - № 4. - P 681-687.

РОЗРАХУНОК ЕНЕРГІЇ ФЕРМІ ТА ЕФЕКТИВНОЇ МАСИ ГУСТИНИ СТАНІВ В КРИСТАЛАХ Bi_2Se_3

Меньшикова С.І.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,
м. Харків*

Bi_2Se_3 – напівпровідник класу V_2VI_3 , який широко використовується в термоелектриці. Bi_2Se_3 також відноситься до топологічних ізоляторів (ТІ), які представляють собою діелектрик із провідним шаром на поверхні [1]. Унікальні властивості ТІ пов'язані із наявністю металевих поверхневих станів [2]. Останнє привертає увагу до вивчення зонних параметрів Bi_2Se_3 . Зазвичай ці параметри визначають оптичними методами, шляхом вивчення циклотронного резонансу в сильних магнітних полях [3], теоретичними оцінками в рамках методу псевдо потенціалу [4]. Ми зробили спробу розрахувати енергетичні зонні характеристики, а саме енергію Фермі E_F та ефективну масу густини станів m_d^* , використовуючи експериментальні результати вимірювання кінетичних коефіцієнтів та розглядаючи однозонну модель в наближенні часу релаксації із припущенням квадратичного закону дисперсії [5].

Мета роботи – визначити E_F та m_d^* в кристалі Bi_2Se_3 .

Експериментальний зразок було виготовлено методом холодного пресування литого полікристалу Bi_2Se_3 під тиском 400 МПа (витримка під пресом – 60 с) із наступним гомогенізуючим відпалом у вакуумі за температури 670 К протягом 250 год. Ступінь дисперсності порошку для пресування становила 200 мкм. Коефіцієнт Холла R_H вимірювали стандартним dc методом з похибкою $\pm 5\%$. Холлівську концентрацію носіїв заряду визначали за умови одного сорту $n = 1/(R_H \cdot e)$, де e – заряд електрона. Вимірювання коефіцієнта Зеєбека S проводили відносно мідних електродів з точністю $\pm 3\%$.

В рамках однозонної моделі в наближенні часу релаксації із припущенням квадратичного закону дисперсії та з використанням експериментальних даних S та n були розраховані зонні параметри кристалу Bi_2Se_3 : $E_F = 24$ меВ та $m_d^* = 0.15 m_0$, де m_0 – маса вільного електрону. При розрахунку робилось припущення про розсіяння носіїв заряду на акустичних фононах. Позитивне значення E_F вказує на те, що в Bi_2Se_3 рівень Фермі розташований в зоні провідності. Отримано добре узгодження значення m_d^* із літературними даними [3].

Література:

1. Zhang H. Topological insulators in Bi_2Se_3 , Bi_2Te_3 and Sb_2Te_3 with a single Dirac cone on the surface / H. Zhang, C.-X. Liu, X.-L. Qi, et al. // Nature Physics. – 2009. – V. 5. – P. 438-442.
2. Ando Y. Topological Insulator Materials / Y. Ando // J. Phys. Soc. Jap. - 2013. – 82. – P.102001.
3. Kulbachinskii V. A. Cyclotron Resonance in High Magnetic Fields in Bi_2Se_3 , Bi_2Te_3 and Sb_2Te_3 Based Crystals / V. A. Kulbachinskii, N. Miura, H. Arimoto, et al. // J. Phys. Soc. Jpn. – 1999. – 68. – P. 3328-3333.
4. Олешко Е. В. Квазирелятивистский зонный спектр селенида висмута / Е.В. Олешко, В. Н. Корольшин // ФТП. – 1985. – Т.19. – 10. – С. 1839-1841.
5. Nolas G. S. Thermoelectrics: basic principles and new materials developments / G.S. Nolas, J. Sharp, H. J. Goldsmid // Springer series in materials science. – 2001. – 45. – 297.

АНОМАЛЬНИЙ ХАРАКТЕР КОНЦЕНТРАЦІЙНОЇ ЗАЛЕЖНОСТІ ТЕПЛОПРОВІДНОСТІ У ТВЕРДИХ РОЗЧИНАХ $\text{PbSe}_{1-x}\text{Te}_x$ ($x = 0 - 0.045$)

Ніколаєнко Г.О., Рогачова О.І., Водоріз О.С.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,
м. Харків*

Добре відомо, що одним із шляхів підвищення термоелектричної (ТЕ) ефективності напівпровідникового матеріалу є зниження його теплопровідності (λ), що включає дві основні складові - граткову (λ_L) і електронну (λ_e), які відображають розподіл теплового потоку в речовині відповідно фононами і електронами провідності. Посилити розсіювання фононів а, значить, знизити λ_L , не впливаючи негативно на інші електронні властивості, залишається однією з основних задач ТЕ матеріалознавства. Напівпровідникові тверді розчини (ТР) $\text{PbSe}_{1-x}\text{Te}_x$ відносяться до середньотемпературних ТЕ матеріалів, дослідження яких все ще актуально. У роботі [1] в ТР $\text{PbSe}_{1-x}\text{Te}_x$ ($x = 1 - 0.95$) за кімнатної температури поблизу $x = 0.995$ були виявлені аномальні ділянки на концентраційних залежностях механічних і ТЕ властивостей, які автори пов'язують з наявністю концентраційного фазового переходу перколяційного типу та з процесами самоорганізації, що йдуть в ТР при переході до домішкового континууму. Представляло інтерес з'ясувати, чи буде проявлятися виявлений у [1] ефект у ТР $\text{PbSe}_{1-x}\text{Te}_x$ ($x = 0 - 0.045$).

Мета роботи – дослідження впливу складу на характер залежності $\lambda(x)$ напівпровідникових ТР $\text{PbSe}_{1-x}\text{Te}_x$ ($x = 0 - 0.045$) за 300 К.

Пресовані зразки циліндричної форми було отримано методом гарячого пресування за температури 650 К і тиску 0.4 ГПа з наступним гомогенізуючим відпалом за 720 К протягом 260 годин. Вимірювання λ проводили в інтервалі температур 150 – 600 К за допомогою приладу ІТ- λ -400 методом динамічного калориметра. Похибка вимірювання λ складала $\pm 5\%$.

Було побудовано залежність $\lambda(x)$ за 300 К, яка, при загальній тенденції до зниження λ із зростанням вмісту Те x , має максимум поблизу складу $x = 0.01$. Зменшення фононного розсіювання і зростання швидкості розповсюдження елементарних збуджень при $x \approx 0.01$ досить добре описується в рамках теорії перколяції. Розраховано, що основний вклад у загальну λ вносить λ_L . Розрахунок перетину розсіювання фононів показав, що перші порції атомів домішки призводять до значного викривлення періодичної структури розчинника, збільшуючи ймовірність делокалізації атомів щодо основних рівноважних положень. Передбачається, що перехід до домішкового континууму супроводжується процесами самоорганізації у домішковій підсистемі кристалу.

Література:

1. Rogacheva E.I. Concentration anomalies of the thermal conductivity in PbTe-PbSe semiconductor solid solution / E.I. Rogacheva, O.S. Vodorez, O.N. Nashchekina, M.S. Dresselhaus // Phys. St. Sol. B. – 2014. – V. 251, No. 6. – P. 1231-1238.

ИЗУЧЕНИЕ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ АМОРФНЫХ ПЛЕНОК Sb_2S_3

Николайчук Г.П.

*Национальный технический университет
«Харьковский политехнический институт»,
г. Харьков*

Методом просвечивающей электронной микроскопии исследована кристаллизация аморфных пленок сульфида сурьмы. Сульфид сурьмы Sb_2S_3 по данным библиотеки JCPDS имеет орторомбическую решетку с периодами: $a = 1,1229$ нм, $b = 1,1310$ нм и $c = 0,3839$ нм.

Аморфные пленки изготавливали методом термического испарения исходного вещества стехиометрического состава в вакууме 10^{-3} Па из молибденовой лодочки, сразу пропуская через нее большой электрический ток для обеспечения высокой скорости испарения и уменьшения вероятности диссоциации соединения. Конденсация производилась на поверхность скола (001) кристаллов KCl при комнатной температуре подложки. Кристаллы KCl размещались на различных расстояниях от испарителя, что обеспечивало получение в одном эксперименте пленок толщиной от 10 до 50 нм. Кристаллизация отдельных участков аморфных пленок производилась по методике “in situ” путем их нагрева в колонне электронного микроскопа ПЭМ-125К электронным пучком различной фокусировки и интенсивности пучка. Скорость роста кристаллов варьировалась в интервале 0,001 – 1 мкм/с.

При исследовании кристаллизации аморфных пленок сульфида сурьмы установлено, что она происходит в две стадии. На первой стадии выделяется избыточная сурьма в виде множества мелких кристалликов. Наличие избыточной сурьмы в пленке, очевидно, обусловлено частичным разложением шихты Sb_2S_3 при испарении и, вследствие этого, обеднением пленки серой, как более летучим компонентом. При дальнейшем нагреве пленки количество кристалликов сурьмы и их размеры не изменяются. Кристаллы Sb_2S_3 образуются в аморфной пленке на второй стадии при большей интенсивности электронного пучка. Наличие кристалликов сурьмы практически не сказывается на распространении фронта кристаллизации Sb_2S_3 . Муаровые картины на изображении кристалликов сурьмы на закристаллизованных участках пленки Sb_2S_3 также свидетельствуют о том, что они образуются на поверхности пленки или в тонком приповерхностном слое. Было установлено, что более тонкие пленки Sb_2S_3 кристаллизуются при большей плотности тока электронного пучка, причем, пленки толщиной менее 10 нм не кристаллизовались даже при максимальной плотности тока электронного пучка, которая достигалась при отсутствующей апертурной диафрагме второго конденсора. Затруднение кристаллизации по мере уменьшения толщины пленки соответствует закономерности увеличения стабильности аморфного состояния с уменьшением толщины конденсированных пленок.

ВИГОТОВЛЕННЯ НАДТОНКИХ ПЛІВОК ТЕЛУРИДУ ВІСМУТУ

Новак К.В., Дорошенко Г.М., Рогачова О.І., Сіпатов О.Ю

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,
м. Харків*

Телурид вісмуту Bi_2Te_3 – один з найкращих матеріалів для використання у термоелектричних пристроях різного типу. Інтерес до дослідження цієї сполуки у 2D-стані пов'язано, окрім тенденції до мініатюризації електроніки, зі встановленням факту, що Bi_2Te_3 відноситься до 3D топологічних ізоляторів. Внесок поверхневого шару у провідність плівкового зразка зростає у порівнянні з об'ємними кристалами, дозволяючи виявити роль товщини плівки d і поверхневих станів у визначенні специфіки транспортних властивостей топологічних ізоляторів [1].

Раніше [2,3] нами було визначено оптимальні технологічні параметри для вирощування плівок Bi_2Te_3 p - і n -типу в інтервалі товщин $d = 20 - 600$ нм методом термічного випаровування у вакуумі з одного джерела кристалів Bi_2Te_3 на скляні підкладки: температура підкладки $T_S = 500$ К, а температура відпалу 500 К протягом 1 год. Проте, плівки з меншими d не досліджувалися.

Мета роботи – визначення оптимальної температури підкладки T_S для вирощування тонких плівок Bi_2Te_3 з товщинами $d < 20$ нм зі кристалів стехіометричного p - Bi_2Te_3 .

Було отримано плівки телуриду вісмуту товщиною 6 – 10 нм методом термічного випаровування у вакуумі кристалів p - Bi_2Te_3 при температурах підкладки в інтервалі $T_S = 450 - 520$ К і проведено дослідження їх кристалічної та мікроструктури, вимірювання коефіцієнта Зеєбека за кімнатної температури. Було встановлено, що плівки вирощені при $T_S = 480 - 490$ К мали досконалу структуру і той же тип провідності, що і вихідний кристал.

Література:

1. Tritt T.M. Semiconductors and Semimetals: Recent Trends in Thermoelectric Materials Research. San Diego: Academic Press. – 2001. – I. – V. 69. – P. 101-137.
2. Budnik A.V. Effect of fabrication technique on the structure and thermoelectric properties of Bi_2Te_3 films. / A.V. Budnik, E.I. Rogacheva, A.Yu. Sipatov // J. Thermoelectricity. – 2013. – N4. – P. 19-26.
3. Thickness dependent quantum oscillations of transport properties in topological insulator Bi_2Te_3 thin films / E.I. Rogacheva, A.V. Budnik, A.Yu. Sipatov, O.N. Nashchekina, M.S. Dresselhaus // Appl. Phys. Lett. – 2015. – V. 106 – P. 053103-053109.

ПРО СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ ВИВЧЕННЯ ФІЗИКИ У ТЕХНІЧНОМУ ВНЗ

Петренко Л.Г., Юнаш Е.С.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,
м Харків*

Ось уже приблизно років 20-25 пройшло з тих пір, коли комп'ютери і комп'ютерні технології стали доступною для практично всіх студентів і невід'ємною частиною системи освіти в вузах, особливо в технічних вузах. У ці роки відбулася дігiтальна («цифрова»), комп'ютерна революція [1]. Це призвело до того, що зараз відбувається бурхливий розвиток технологій дистанційного навчання. Зараз практично у кожного студента є свій ноутбук, персональний комп'ютер, що дозволяє не тільки проводити складні розрахунки, а й забезпечує доступ в інформаційні мережі (Інтернет), а також і платформи для мультимедіа і комп'ютерних ігор (ігровий ПК).

Багатьом студентам стає нецікавим навколишній світ, вони живуть всередині свого «компа». Зрозуміло, що подальший розвиток цивілізованого суспільства не може відбуватися тільки за рахунок розвитку комп'ютерно-інформаційних технологій. Ці технології повинні «служити», а не «бути метою», знаходити застосування - використовуватися для пізнання й перетворення навколишнього світу. Зараз вкрай необхідно в системі вищої технічної освіти підвищити роль фізики, звертати увагу студентів на фізичну картину світу.

В даний час лекції з фізики викладачі, як правило, читають в Великій фізичній аудиторії, оснащений всім необхідним технічним обладнанням. Лекційний курс можна представляти у вигляді презентацій [2], в яких на екран вводяться базові поняття обраної теми з яскравими ілюстративними матеріалами. На демонстраційному столі розташовується необхідне для цієї теми устаткування і проводяться експерименти.

На кафедрі фізики НТУ ХПІ активно працює демонстраційний практикум, прилади та обладнання якого збиралося багато років. Серед них є такі, які можна вважати музейними експонатами. Багато студентів із задоволенням беруть участь в постановці лекційних демонстрацій, у виготовленні та модернізації приладів і експериментального обладнання. Для невеликих груп студентів передбачена можливість проведення експериментальних досліджень, в яких вони можуть самі зібрати установку і провести досліди. Тут, наприклад, проводяться заняття з окремими невеликими групами студентів-іноземців і курсантами ВІОТВ.

У практикумі створена картотека і електронний каталог лекційних демонстрацій, які особливо затребувані молодими викладачами.

Таким чином, курс фізики в НТУ ХПІ представлений на досить високому науково-методичному рівні.

Література:

- [1] Бакиров В. Об академическом капитализме и пролетариях умственного труда. «STATUS QUO», Харьков. 25.02.2016.
- [2] Web-сайт: <http://petrenko.theeducationmatters.com/> 24.10.2019.

ДО ГІДРОДИНАМІЧНОЇ ТЕОРІЇ КВАНТОВИХ РІДИН З КОНФОРМАЦІЙНИМИ СТЕПЕНЯМИ СВОБОДИ

Рожков О.А.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,
м. Харків*

Ця робота є продовженням теоретичного дослідження, що проводилося раніше та докладалося на конференції. З тих пір була побудована гідродинаміка надплинної рідини з конформаційними степенями свободи. В роботі [1] наведена класифікація станів надплинного гелію-3 серед яких є А-, А₁- подібні фази, в яких реалізується спонтанне порушення симетрій відносно усіх фазових перетворень. У цих фазах реалізуються стани, у яких слід вважати на суттєвий вплив на гідродинаміку форми та розміру куперівської пари. В куперівській парі відстань поміж складовими істотно більша ніж розмір атомів, що дозволяє розглядати її як деяку «молекулу», що має форму і розмір. У роботі побудовано гідродинаміку надплинної рідини з конформаційними степенями свободи, яка базується на фермі-рідинному підході. Під конформаційними степенями свободи слід розуміти параметри, що зв'язані з формою й розміром куперівської пари. При цьому використовувались симетрійні уявлення про природу виникнення надплинних фаз рідкого гелію -3.

З цією метою введено нові оператори параметрів порядку (ОПП), що побудовані з скалярного та тензорного ОПП надплинного гелію:

$$\hat{\eta}_{\alpha k}(\mathbf{x}) = i(\hat{\Delta}^+(\mathbf{x})\hat{\Delta}_{\alpha k}(\mathbf{x}) - \hat{\Delta}_{\alpha k}^+(\mathbf{x})\hat{\Delta}(\mathbf{x})), \quad \hat{\eta}_{\alpha k}(\mathbf{x}) = i(\hat{\Delta}(\mathbf{x})\hat{\Delta}_{\alpha k}^+(\mathbf{x}) - \hat{\Delta}_{\alpha k}(\mathbf{x})\hat{\Delta}^+(\mathbf{x})), \\ \hat{\chi}_{\alpha k}(\mathbf{x}) = \hat{\Delta}^+(\mathbf{x})\hat{\eta}_{\alpha k}(\mathbf{x}).$$

Оператори $\hat{\eta}$, $\hat{\chi}$ ємітові. Ці оператори вдовольняють відомим комутаційним співвідношенням. З цих операторів можна сконструювати допоміжні термодинамічні параметри - спіновий та просторові одиничні вектори:

$$d_{\alpha}(\mathbf{x}) = D_{\alpha}(\mathbf{x})/D(\mathbf{x}), \quad D_{\alpha}(\mathbf{x}) = \varepsilon_{\alpha\beta\gamma} \eta_{\beta k}(\mathbf{x}) \bar{\eta}_{\gamma k}(\mathbf{x}), \quad D^2(\mathbf{x}) = D_{\beta}(\mathbf{x}) D_{\beta}(\mathbf{x}).$$

$$m_i(\mathbf{x}, \hat{\rho}) = \frac{1}{\sqrt{2}} \{1 + \xi(\mathbf{x}, \hat{\rho}) \bar{\xi}(\mathbf{x}, \hat{\rho})\}^{-1/2} (\xi_i(\mathbf{x}, \hat{\rho}) + \bar{\xi}_i(\mathbf{x}, \hat{\rho})),$$

$$n_i(\mathbf{x}, \hat{\rho}) = \frac{1}{\sqrt{2}} \{1 - \xi(\mathbf{x}, \hat{\rho}) \bar{\xi}(\mathbf{x}, \hat{\rho})\}^{-1/2} (\bar{\xi}_i(\mathbf{x}, \hat{\rho}) - \xi_i(\mathbf{x}, \hat{\rho})),$$

де $\xi_i = a_i/a$, $\bar{\xi}_i = b_i/b$. Такі вектори вводяться для опису гідродинаміки He-A. Крім того слід ввести конформаційні параметри що відповідають формі та розміру:

$$q(\mathbf{x}, \hat{\rho}) = \frac{1}{2} (1 - \xi(\mathbf{x}, \hat{\rho}) \bar{\xi}(\mathbf{x}, \hat{\rho})),$$

$$u(\mathbf{x}, \hat{\rho}) = 2a(\mathbf{x}, \hat{\rho}) (1 - q(\mathbf{x}, \hat{\rho}))^{1/2}, \quad v(\mathbf{x}, \hat{\rho}) = 2b(\mathbf{x}, \hat{\rho}) q^{1/2}(\mathbf{x}, \hat{\rho})$$

где $a(\mathbf{x}, \hat{\rho})$, $b(\mathbf{x}, \hat{\rho})$ модулі дійсної та уявної частин параметрів порядку.

Таким чином рівноважний стан розглянутої рідини характеризується набором адитивних інтегралів руху й допоміжними термодинамічними параметрами які відрізняють цю фазу від інших.

Література:

1. Classification of spatially-nonuniform equilibrium states of superfluids.-M.Yu. Kovalevsky, A.A. Rozhkov et al., ВАНТ, 2001, в.6, с. 351-355.

УМЕНЬШЕНИЕ МАГНИТНОЙ ПРОНИЦАЕМОСТИ МАТЕРИАЛА ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ КАК МЕТОД НОРМАЛИЗАЦИИ ИНТЕНСИВНОСТИ БИОТРОПНОГО ОСЛАБЛЕНИЯ ГЕОМАГНИТНОГО ПОЛЯ В ПОМЕЩЕНИЯХ

Розов В.Ю., Грецких С.В.

ГУ «Институт технических проблем магнетизма
Национальной академии наук Украины»,
г. Харьков

Проведенные экспериментальные исследования [1] подтверждают необходимость нормализации интенсивности ослабления индукции геомагнитного поля (ГМП) в помещениях высотных жилых домов до безопасного для населения уровня – не более 10 % от естественного ГМП [2]. На основе численного эксперимента показана возможность распространения метода нормализации ГМП для железобетонной колонны [3] и на другие железобетонные конструктивные элементы домов. Представлены результаты численного моделирования распределения индукции ГМП в горизонтальной плоскости на высоте 0,5 м от железобетонных плит, выполненных с арматурой из стандартной (рис. 1) и специальной (рис. 2,) слабомагнитной стали.

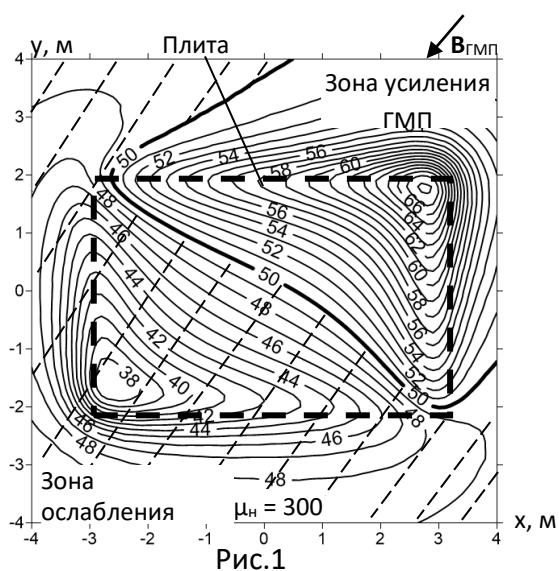


Рис.1

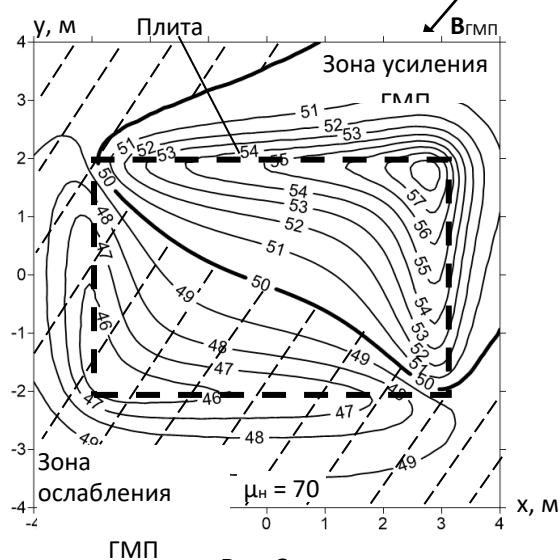


Рис.2

Результаты моделирования подтверждают возможность нормализации индукции ГМП до безопасного значения 45 мкТл при выполнении железобетонных строительных конструкций с арматурными элементами из специальных слабомагнитных конструкционных сталей, имеющих относительную начальную магнитную проницаемость не более 70 единиц.

Литература:

1. Розов В.Ю., Пелевин Д.Е., Левина (Грецких) С.В. Экспериментальные исследования явления ослабления статического геомагнитного поля в помещениях. *Електротехніка і електромеханіка*. 2013. №6. С. 72-76.
2. Standard of Building Biology Testing Methods: SBM-2015 – [acting from May 2015]. – Germany: Institut fer Baubiologie + Nachhaltigkeit IBN. – p. 4.
3. Розов В.Ю., Завальний А.В., Золотов С.М., Грецких С.В. Методы нормализации статического геомагнитного поля в жилых домах. *Електротехніка і електромеханіка*. 2015. №2. С. 35-40.

ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЙНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ГЕРМЕТИЧНОГО ТЕРМОВКЛАДИША МОРСЬКОГО КОНТЕЙНЕРА

Руденко М.З., Юшко С.В., Борщ О.Є., Городнича А.В.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,
м. Харків*

Транспортування термочутливого вантажу (фрукти, овочі, вино і т.п.) потребує спеціальних термоізованих контейнерів. В роботі досліджувались термоізоляційні властивості герметичного термовкладиша морського контейнера для транспортування вина.

Для проведення досліджень була розроблена математичної модель об'єкта, яка ґрунтується на геометричних розмірах, теплофізичних властивостях матеріалів, рівняннях термодинаміки і теплообміну. На основі розробленої математичної моделі створені алгоритм і програма розрахунку нестационарних процесів нагрівання термочутливого вантажу навколишнім середовищем, з урахуванням коливання його температури впродовж доби.

Для верифікації розробленої математичної моделі та програми розрахунку створена фізична модель об'єкту, з якою проведені експериментальні дослідження. Порівняння даних фізичного експерименту та математичного розрахунку показало співпадіння результатів з розбіжністю не більш 8%.

З використанням створеної математичної моделі і програми розрахунку досліджувався вплив наявності термовкладиша на процес нагрівання вина в морському контейнері. Проведено розрахунки для товщини ізоляції 3 мм, циклічних коливаннях температури навколишнього середовища від $+20^{\circ}\text{C}$ до $+60^{\circ}\text{C}$, початкової температури вина 13°C , для періоду 10 і 30 діб.

Висновки:

При циклічних добових коливаннях температури зовнішнього повітря (підвищенні від $+20^{\circ}\text{C}$ до $+60^{\circ}\text{C}$ і подальшому охолодженні до $+20^{\circ}\text{C}$):

1. Температура повітря та вантажу в контейнері мають тенденцію до підвищення в часі до деякої середньої величини (в даному випадку близько $+40^{\circ}\text{C}$).
2. Для периферійних контейнерів (які знаходяться під сонцем) величина середньої температури збільшиться до $+42^{\circ}\text{C}$.
3. Швидкість зростання температур у часі буде залежати від початкової температури вантажу. При початковій температурі вантажу $+13^{\circ}\text{C}$ вихід на температуру $+40^{\circ}\text{C}$ відбудеться: для контейнера без вкладиша за 1 тиждень, а з вкладишем за 2 тижні.
4. Застосування вкладиша зменшує амплітуду коливання температури повітря в контейнері на 10–12 градусів, а температура вина при цьому буде на 8–10 градусів нижча.

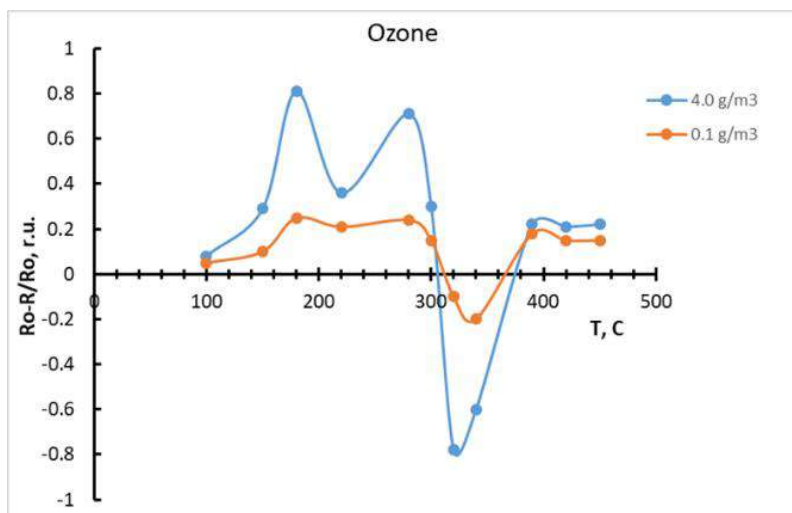
OZONE SENSOR BASED ON NANOCRYSTALLINE SiC FILMS

Semenov A., Lubov D., Makhonin M.

*National Technical University
«Kharkiv Polytechnic Institute»,
Kharkiv*

In recent years, scientists of the leading countries of the world have been paying more and more attention to solving global environmental problems on the planet, including air pollution and global warming. One of the factors that negatively affect these processes is the presence of ozone in ground atmosphere layers. This is the result of the widespread use of ozone in many important industrial processes, such as the purification of drinking water and soil, the disinfection of plant and animal products, tissue bleaching, the complete oxidation of by-gases in the production of various organic chemicals, the sterilization of medical supplies, etc. Especially relevant in our time that ozone can be used to destroy the new coronavirus and disinfection.

In this paper, we investigated the ability of nanocrystalline SiC films to detect ozone in an air mixture. Thin layers of nc-SiC films on leucosapphire substrates were prepared by method of direct deposition of carbon and silicon ions with an energy of 100-120 eV at the substrate temperature of 1000°C. Films deposited under these conditions contained a mixture of nanocrystals of cubic and rhombohedral polytypes. The sizes of nanocrystals varied in the range 5–50 nm. The temperature dependence of the ozone sensitivity coefficient $S(O_3)$ was studied in the temperature range 100–450°C. It was found that the maximum values of $S(O_3)$ +0.71 and -0.80 were



observed at temperatures of 280°C and 330°C, respectively, for an ozone concentration of 0.1 g/m³ and 4.0 g/m³. Moreover, $S(O_3)$ had a positive sign for a temperature of 280°C, and $S(O_3)$ was a negative value for 330°C.

Fig. Gas sensing results of nc-SiC film towards ozone concentration of 0.1 g/m³ and 4.0 g/m³ versus temperature.

The different polarity of the change in the film resistance at given temperatures was due to the different ratio of redox reactions on the surface of nc-SiC films. Both temperatures can be used for detecting ozone with sensors on nc-SiC films, however, from the point of view of reducing energy consumption, 280°C should be used as the operating temperature.

Thus, highly reliable ozone sensors can be created on the basis of nanocrystalline nc-SiC layers for operation with heavy conditions.

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В ЗАДАЧАХ НИКОЛЫ ТЕСЛА

Сендеров А.А., Логачёв Д.А., Алёшкина А.М.

ХЗОШ № 158, Харьковського городского совета Харьковской области

Жизнь и работа Николо Тесла полна загадок и мифов. Многие его научные результаты вызывают даже сейчас споры и недоверие среди коллег-физиков. Поэтому, для проверки истины мы решили попробовать промоделировать на компьютере основные его результаты. С нашей точки зрения такой подход позволит уяснить суть решаемых Н. Теслой задач, а также даст возможность отшлифовать саму методику компьютерного моделирования

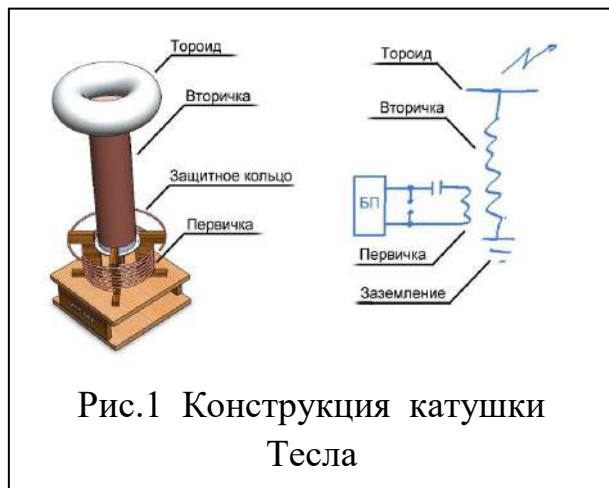


Рис.1 Конструкция катушки Тесла

на конкретных прикладных задачах.

Одна из наиболее ярких работ Н.Тесла - это резонансный трансформатор или катушка Тесла (Рис.1).

Катушка Тесла – это плоская спираль, обладающая наравне с индуктивностью большой собственной ёмкостью. Патент на это изобретение Н.Тесла подал в январе 1894г.

Принцип работы катушки следующий.

Работу резонансного трансформатора можно объяснить на примере обыкновенных качелей. Если их раскачивать в режиме принудительных колебаний, то максимально достигаемая амплитуда будет пропорциональна прилагаемому усилию. Если раскачивать в режиме свободных колебаний, то, при тех же усилиях максимальная амплитуда вырастает многократно. Так и с трансформатором Теслы — в роли качелей выступает вторичный колебательный контур, а в роли прилагаемого усилия — генератор или БП (блок питания – см. рис.1). Их согласованность (т.е. «подталкивание» строго в

нужные моменты времени) обеспечивает первичный контур или задающий генератор (в зависимости от конструкции устройства).



Рис.2 Анимационная модель работы катушки Тесла
(Три фазы работы)

Таким образом, разработанные компьютерные программы и анимационные модели (рис.2) помогают увидеть и исследовать изучаемые явления и процессы. При этом есть возможность поэкспериментировать с различными исходными данными. Эта работа будет полезна как ученикам, так и учителям для уяснения механизма явления (или прибора) и для проведения практических занятий и лабораторных работ.

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЗОННОЙ СТРУКТУРЫ 2H-SiC

Синельник А.В., Семенов А.В.

*Национальный технический университет
«Харьковский политехнический институт»,
г. Харьков*

Карбид кремния (SiC) является одним из наиболее перспективных материалов для высокотемпературной, радиационно-стойкой, силовой и быстродействующей электроники, так как обладает уникальными физическими и электронными свойствами. SiC имеет множество структурных форм (известно более 260 политипов, теоретически неограниченно), среди которых наиболее распространенными и изученными являются 3C-SiC, 4H-SiC, 6H-SiC, 15R-SiC. Получение других политипов SiC, например, таких как 2H-SiC, затруднено, что связано с трудностью обеспечения устойчивых условий роста, исключающих рост более энергетически выгодных политипов (например, 3C-SiC, 4H-SiC, 6H-SiC). В связи с этим, в литературе практически отсутствуют данные экспериментальных исследований этого политипа SiC. Кроме того, существует довольно большой разброс в результатах теоретических исследований. Целью данной работы является теоретическое исследование энергетической структуры электронов в 2H-SiC. Расчеты энергетической структуры электронов производилось в рамках теории функционала плотности (DFT), используя программный пакет *exciting* [1]. В качестве волновых функций электронов используется приближение линеаризованных присоединенных плоских волн (LAPW) и локализованных орбиталей (LO) в качестве базисных функций. Обменно-корреляционная составляющая потенциала была выбрана в виде аппроксимации обобщенного градиента (GGA), используя функционал Perdew, Burke и Ernzerhof [2]. Так как в рамках LDA- и GGA- DFT не удастся получить значения ширины запрещенной зоны, близкие к экспериментальным, был проведен расчет зонной структуры с использованием GW-аппроксимации собственной энергии электронов [3].

Расчет энергетической структуры электронов 2H-SiC производился самосогласованным образом, пока не было достигнуто условие сходимости: абсолютное изменение полной энергии и эффективного потенциала меньше 10^{-4} эВ на ячейку. Параметры решетки были взяты из результатов экспериментальных исследований [4]: $a = 3.07 \text{ \AA}$, $c = 5.05 \text{ \AA}$. Сравнение с результатами других исследований показывает хорошее сходство формы самих зон, но имеется смещение их вдоль оси энергии, которое больше в приближении GGA. Значение ширины запрещенной зоны по результатам наших расчетов равно $E_{\text{gGGA}} = 2.32 \text{ эВ}$, $E_{\text{gGW}} = 3.17 \text{ эВ}$. Сравнение с экспериментальным значением $E_{\text{g}} = 3.33 \text{ эВ}$ [4] позволяет говорить, что расширение метода DFT с использованием GW-аппроксимации дает хорошее сходство положения зон.

Литература:

1. A. Gulans, et al, *exciting* — a full-potential all-electron package implementing density-functional theory and many-body perturbation theory, J. Phys.: Condens. Matter 26, 363202 (2014).
2. K. Burke, et al, Atomic correlation energies and the generalized gradient approximation, arXiv:1409.4834v1 (2014).
3. L. Hedin, Phys. Rev. 139 (1965) A796.
4. Properties of Silicon Carbide, edited by G. L. Harris INSPEC, London, 1995.).

ВПЛИВ ГЕЛІЄВОЇ ПЛАЗМИ НА НАНОСТРУКТУРОВАНІ ПЛІВКИ ZnO, ЯКІ БУЛО ВИГОТОВЛЕНО ЗА ДОПОМОГОЮ РІДИННОФАЗНИХ МЕТОДІВ ЕЛЕКТРОХІМІЧНОГО І ХІМІЧНОГО ОСАДЖЕННЯ ІЗ ВОДНИХ РОЗЧИНІВ

**Хрипунова І.В.¹, Ключко Н.П.¹, Клєпікова К.С.¹, Копач В.Р.¹,
Жадан Д.О.¹, Петрушенко С.І.², Астахова Я.І.², Геращенко С.С.³,
Дукаров С.В.², Любов В.М.¹**

¹Національний технічний університет

«Харківський політехнічний інститут»,

² Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна,

³Інститут фізики плазми, Національний науковий центр

«Харківський фізико-технічний інститут», м.Харків

Інтерес до впливу гелієвої плазми (He^+ , або He-плазми) на кристалічну структуру, оптичні і електричні властивості тонких шарів оксиду цинку (ZnO) зумовлено можливістю зниження електричного опору під впливом He^+ , що важливо для застосування ZnO у складі тонкоплівкових транзисторів. Разом з тим, високоенергетична гелієва плазма негативно впливає на оптоелектронні властивості наноструктур ZnO у складі світлодіодів і ультрафіолетових сенсорів.

В даній роботі впливу гелієвої плазми піддавали виготовлені на поверхні підкладок зі скла та вкритих прозорим електропровідним оксидом скляних підкладок FTO за допомогою рідиннофазних методів електрохімічного і хімічного осадження одновимірні масиви (1D) ZnO товщиною 1 мкм і тонкі (~2 мкм) наноструктуровані плівки ZnO і леговані індієм плівки $\text{ZnO}:\text{In}$, які були осаджені за допомогою гідрохімічного метода послідовної адсорбції і реакції іонних шарів SILAR. Опромінювання гелієвою плазмою здійснювали шляхом генерації стиснутих плазмових потоків зі щільністю близько 10^{18} см^{-3} при щільності енергії плазми 0,2-0,4 МДж/м². Досліди проводили із використанням чистого гелію при початковому тиску 266,64 Па. Амплітуда струму розряду в прискорювальному каналі становила близько 500 кА. Щільність потоку плазми на 1 імпульс $\approx 2 \times 10^{23} \text{ м}^{-2}$. Температура всередині плазми була в інтервалі 60-120 eV.

Як показано за допомогою рентгенівських дифрактограм (XRD), під впливом He-плазми відбувається погіршення структурної досконалості електроосаджених масивів 1D ZnO і виготовлених методом SILAR плівок ZnO і $\text{ZnO}:\text{In}$. Порівняння морфології поверхні шарів оксиду цинку до і після впливу гелієвої плазми за даними растрової електронної мікроскопії (SEM), а також результати аналізу хімічного складу згідно даних енергодисперсійної спектроскопії (EDS) виявили розтріскування скла і підкладки FTO, а також відлущування і скручування плівок FTO, на яких частково зберігалися шари ZnO . Було зареєстровано втрату плівками $\text{ZnO}:\text{In}$ адгезії до скляних підкладок. Окремі мало ушкоджені ділянки зразків $\text{ZnO}:\text{In}$ зберігали після обробки He-плазмою притаманну їм морфологію поверхні і хімічний склад. З'ясовано, що виготовлені нами шари оксиду цинку є порівняно витривалими, руйнівний вплив He^+ переважно сконцентрований на підкладах.

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ПЕРЕВІРКА ПРАВИЛЬНОСТІ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ МАГНІТНОГО ПОЛЯ ВІСЕСИМЕТРИЧНИХ ФЕРОМАГНІТНИХ ТІЛ

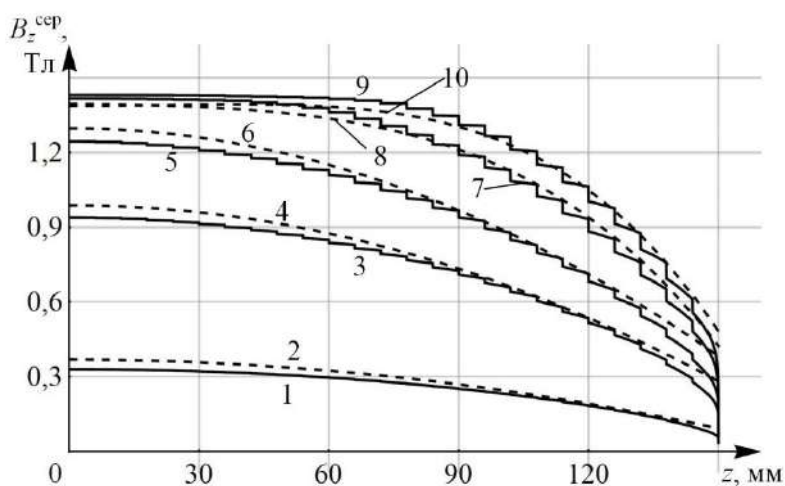
Чуніхін К.В.

*ДУ «Інститут технічних проблем магнетизму
Національної академії наук України», м. Харків*

У процесі проектування електромагнітів систем керування (СК) космічними апаратами (КА) виникає необхідність досягання заданого магнітного моменту (ММ) електромагніту при обмеженні габаритів, маси та енерговитрат. Для вибору оптимальних параметрів електромагнітів необхідно точний розрахунок ММ ще на етапі проектування, що потребує відповідної точної математичної моделі магнітного поля (МП). У попередніх своїх роботах було протестовано правильність складання інтегрально рівняння за допомогою аналітичних розв'язків аналогічних електростатичних задач та на його основі створено математичну модель МП електромагнітів СК КА.

Аналітичні розв'язки визначення розподілу МП для реальної геометрії осердя електромагніту відсутні, тому для перевірки правильності математичної моделі МП було виконано експеримент із вимірювання середнього значення індукції МП $B_z^{\text{ср}}$ в поперечних перерізах циліндричного феромагнітного осердя.

Циліндричне осердя радіуса $R = 19,25$ мм довжини $b = 300$ мм із матеріалу пермалой 50 Н розташоване в однорідному МП, що створюється двома послідовно з'єднаними котушками достатньої довжини, необхідної для створення однорідності МП у вимірюваній області. Суть експерименту полягала у вимірюванні зміни магнітного потоку в поперечних перерізах осердя, що створюється під час комутації при подачі напруги на котушки, за допомогою вимірювальної котушки. Для отримання розподілу $B_z^{\text{ср}}$ вздовж



осердя необхідно було переміщати вимірювальну котушку. На рисунку представлено відповідні розподіли $B_z^{\text{ср}}$, що отримані експериментально (пунктирні криві) та за допомогою математичної моделі (суцільні криві).

Встановлено, що відносні розбіжності в значеннях $B_z^{\text{ср}}$ становлять 8,3 %, 4,1 %, 3,5 %, 2,4 %, 2,5 %

для відповідно рівнів зовнішнього МП $H_0 = 6127, 18382, 24510, 36765, 49020$ А/м (див. рис., відповідно криві 1 і 2, 3 і 4, 5 і 6, 7 і 8, 9 і 10), при цьому відповідні похибки вимірювань становлять 6,4 %, 8,3 %, 7,5 %, 7,1 %, 7 %. Отже, правильність математичної моделі підтверджено.

MODELING OF LOCAL MAGNETIC FIELDS IN MULTILAYER COMPOSITE SYSTEMS

Shipkova I.G., Veretennikova Iu.I., Kholodov H.A., Zhelunitsina K.A.

*National Technical University
«Kharkiv Polytechnic Institute»,
Kharkiv*

In recent years magnetic composite systems consisting of magnetic nanogranules distributed in non-magnetic matrix have been actively investigated. Such materials are promising for microwave technology. Multilayer structures that consist of granular magnetic layers and non-magnetic dielectric or semiconductor interlayers represent a separate class of composite systems. The properties of such systems can be influenced by changing both the concentration of granules in the magnetic layer and the thickness of the layers and interlayers. An important factor that determines the magnetoresonance characteristics of these objects is a value of local magnetostatic field. The calculations of magnetostatic fields for ensembles of magnetic dipoles were carried out in many works with the aim to obtain analytical expressions for regular infinite systems. The objective of this work is to study the degree of influence of various deviations from ideal models on the value of internal fields in a multilayer system of finite dimensions. Numerical calculations of the magnetic field component in the central part of the structure that consists of dipoles with the same magnetic moment orientation were performed in accordance with the principle of fields superposition. The cases of periodic and non-periodic arrangement of particles in systems with different concentration of granules were considered (the scheme is shown in Fig. 1a). For systems of equal concentration (below the percolation threshold) but with a different particle size distribution (for example, see Fig. 1b), a comparison of local fields in closely located positions was performed. The calculations were carried on using the physical parameters of real structures (granule diameters of 2–3 nm, layer and interlayer thicknesses of 2–4 nm, material magnetization equals 1250 G, number of layers was equal to 60). The sizes of the particle array in the layer varied from 10×13 to 1000×1000 dipoles. Analysis of the calculation results showed that non-uniformities of inner fields that occur in non-ideal systems are conditioned by the character of particle size distribution to a greater extent than by the statistical straggling of the granule positions.

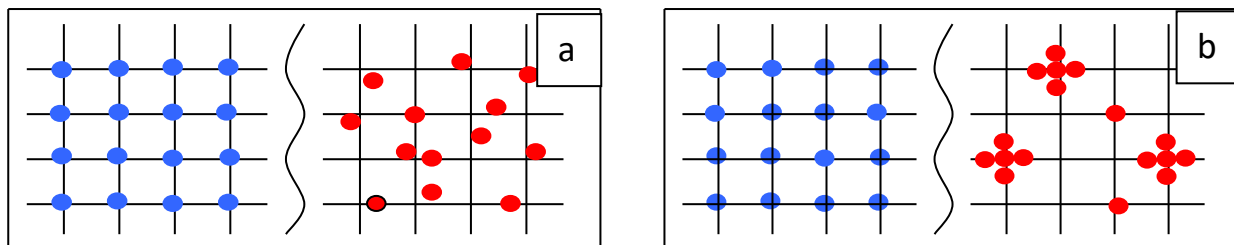


Figure 1 – Schemes of magnetic dipole arrangements in the individual layers that were used at calculating the fields at certain points of multilayer structure.

ПРОЕКТУВАННЯ ТЕРМОЕЛЕКТРИЧНОГО ОХОЛОДЖУВАЧА РІДИНИ

Юшко С. В., Яровий В. М.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,
м. Харків*

Охолоджуючі термоелектричні пристрої і теплові насоси для спрямованого перенесення теплоти представляють інтерес для практичного використання, оскільки відрізняються простотою конструкції і хорошими масо-габаритними характеристиками, значним моторесурсом і надійністю, простотою регулювання, відсутністю рухомих частин і вібрацій, можливістю використання одного пристрою для нагріву або охолодження. Крім того, вони не вимагають технічного обслуговування, не потребують мастильних матеріалів, відрізняються екологічною чистотою. Основним недоліком, що обмежує їх застосування, є їх менша енергетична ефективність в порівнянні з традиційними пристроями. При зростанні ефективності термоелектричних матеріалів, зменшенні їх вартості і спрощенню технології виготовлення сфера їх доцільного застосування безперервно розширюється.

Матеріали для термоелектричних перетворювачів характеризуються спеціальним параметром - добротністю $Z = \sigma\alpha^2/\lambda$ (комплекс з фізичних властивостей термоелектрика – електропровідності σ , теплопровідності λ і коефіцієнта термоЕРС α). На сьогодні ця величина для кращих зразків термоелектричних матеріалів має значення $\sim 3 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$, а значення комплексу ZT при кімнатних температурах порядку одиниці ($ZT \sim 1$). За оцінками експертів, поява термоелектричних матеріалів з $ZT \sim 4$ зробить термоелектричні охолоджувачі і генератори конкурентоздатними по енергоефективності з іншими традиційними пристроями. Поки ж термоелектричні перетворювачі застосовуються в основному при малих потужностях, де програш в ефективності компенсують їх інші переваги.

Для термоелементів в наш час найширше застосовують тверді розчини на основі вісмуту, сурми, селену і теллура. Ефективність (добротність) для твердих розчинів $\text{Bi}_2\text{Te}_3\text{-Bi}_2\text{Se}_3$ та $\text{Bi}_2\text{Te}_3\text{-Sb}_2\text{Te}_3$ в області кімнатних температур має значення $Z(2,4 - 3,4) \cdot 10^{-3} \text{ 1/K}$. Великий інтерес для значного збільшення добротності, представляють наноструктуровані термоелектричні матеріали на основі теллурида вісмуту, але для промислового виробництва вони доки дуже дорогі.

У роботі наводяться дані про фізичні властивості (електропровідність, теплопровідність та коефіцієнт термоЕРС) для ряду термоелектричних матеріалів, залежності для математичного моделювання охолоджувачів (нагрівачів) на основі термоелементів.

Представлена розроблена конструкція проточного термоелектричного охолоджувача рідини та його стаціонарна математична модель для осереднених параметрів.

Наукове видання

**ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ:
НАУКА, ТЕХНІКА, ТЕХНОЛОГІЯ, ОСВІТА, ЗДОРОВ'Я**

**Тези доповідей
XXVIII МІЖНАРОДНОЇ
НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ
MicroCAD-2020**

**У п'яти частинах
Ч. I.**

Укладач

проф. Лісачук Г.В.

Відповідальний секретар

Кубрак К.М.

Формат видання 60x84/16. Ум. друк. арк. 20,23 Тираж 100 прим.

Виготовлювач ТОВ «ПЛАНЕТА-ПРІНТ»
вул. Багалія, 16, м. Харків, 61002,
свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 4568 від 17.06.2013.